HAL open science

Aux sources d'Internet : l'émergence d'ARPANET. Exploration du processus d'émergence d'une infrastructure informationnelle. Description des trajectoires des acteurs et actants, des filières et des réseaux constitutifs de la naissance d'ARPANET. Problèmes critiques et épistémologiques posés par l'histoire des innovations.

Alexandre Serres

To cite this version:

Alexandre Serres. Aux sources d'Internet : l'émergence d'ARPANET. Exploration du processus d'émergence d'une infrastructure informationnelle. Description des trajectoires des acteurs et actants, des filières et des réseaux constitutifs de la naissance d'ARPANET. Problèmes critiques et épistémologiques posés par l'histoire des innovations.. Sciences de l'Homme et Société. Université Rennes 2, 2000. Français. NNT : . tel-00312005

HAL Id: tel-00312005

https://theses.hal.science/tel-00312005

Submitted on 24 Aug 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

UNIVERSITE RENNES 2 - HAUTE BRETAGNE

U.F.R. ARTS LETTRES COMMUNICATION

N° attribué par la bibliothèque :

_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

THESE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE RENNES 2

en Sciences de l'Information et de la Communication

présentée et soutenue publiquement

par

Alexandre SERRES

Octobre 2000

AUX SOURCES D'INTERNET : L'EMERGENCE D'ARPANET

Exploration du processus d'émergence d'une infrastructure informationnelle. Description des trajectoires des acteurs et actants, des filières et des réseaux constitutifs de la naissance d'ARPANET. Problèmes critiques et épistémologiques posés par l'histoire des innovations.

Directeurs de thèse :

M. Christian LE MOËNNE,

Professeur en Sciences de l'Information et de la Communication

M. Jean-Max NOYER,

Maître de Conférences en Sciences de l'Information et de la Communication

---

JURY :

M. Robert BOURE,

Professeur en Sciences de l'Information et de la Communication, Président

M. Jean-Pierre COURTIAL,

Professeur en Sciences de l'Information et de la Communication

Mme Sylvie FAYET-SCRIBE,

Maître de Conférences en Sciences de l'Information et de la Communication

M. Jean-Louis WEISSBERG,

Maître de Conférences en Sciences de l'Information et de la Communication

A la mémoire de mes parents

« Qu'est-ce que vous allez chercher là-bas ? J'attends d'être là-bas pour le savoir »

André Gide (Voyage au Congo)

REMERCIEMENTS

Une thèse est un travail au long cours, sorte de « névrose obsessionnelle librement contractée » (selon la formule de Christian Le Moënne) et dont la traversée de l'Atlantique à la rame a constitué, en ce qui nous concerne, la métaphore de prédilection. Au moment de toucher enfin terre, il me faut remercier toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont permis, nourri, guidé, soutenu, accompagné, critiqué (en toute amitié) cet effort presque quinquennal.

Je voudrais d'abord remercier **Jean-Max Noyer**, à l'origine de ce périple et qui, un jour de l'automne 1996, me suggéra de changer de destination après un faux départ (sur un sujet de thèse vite abandonné) et de reprendre l'exploration de l'histoire des outils et des systèmes d'information. De cette proposition devait naître une première chronologie, « De Paul Otlet à Internet », prenant le pari d'établir les entrecroisements multiples et hétérogènes qui tissent l'émergence de nos outils de l'information. L'impulsion était donnée pour une longue navigation, au cours de laquelle Jean-Max Noyer n'a cessé d'alimenter la réflexion du rameur, tout en lui indiquant de nombreuses routes intéressantes à découvrir. Au terme de ce troisième voyage entrepris sous sa direction, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude personnelle et intellectuelle.
Bien qu'il en conteste le principe, je tiens néanmoins à remercier **Christian Le Moënne** pour ses éclairages épistémologiques et le souci dont il a témoigné pour m'aider à maintenir un cap parfois difficile à suivre.

Je remercie également **Erwan Cheminel**, qui a bien voulu jouer le rôle du « Candide », dont la lecture critique et avisée m'a beaucoup aidé à « resserrer la toile » du texte.
Un tel voyage, aussi solitaire soit-il, n'aurait pas été possible sans le soutien patient et indéfectible des proches, équipage contraint d'accepter les sacrifices parfois nécessaires à l'entreprise. Cette aventure fut partagée d'un bout à l'autre par ma compagne et ma fille, qui savent bien tout ce que leur doit l'obstiné rameur... Que mon entourage, familial, amical et professionnel, dont les encouragements n'ont jamais fait défaut, soit également remercié ici.

Les rencontres et avis critiques de collègues, parfois embarqués dans de semblables expéditions, n'ont malheureusement pas été aussi nombreux qu'il aurait été souhaitable. Aussi mes remerciements vont-ils tout particulièrement à **Fabien Granjon**, avec qui une partie de la route fut suivie au début, nourrie de nombreuses discussions et échanges sur notre « carte » commune, la sociologie de la traduction. J'adresse aussi mes remerciements chaleureux à **Hervé Le Men**, nos deux trajectoires, commencées presque en même temps, n'ayant cessé de se recouper avec profit.

Enfin, je voudrais remercier **André Tricot**, qui a bien voulu me confier un précieux ouvrage américain sur l'histoire de l'hypertexte, ainsi que **Mme Pat Hemmis**, archiviste du Charles Babbage Institute, qui a assuré avec soin le transfert électronique des interviews des acteurs d'ARPANET, pièce maîtresse du corpus de recherche.

« *Inventeur : personne qui fait un ingénieux arrangement de roues, de leviers et de ressorts, et qui croit que c'est la civilisation* ».

Ambrose Bierce (*Le Dictionnaire du diable*)

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....13

PREMIERE PARTIE : LE PROJET

1. TOUR D'HORIZON D'UNE HISTORIOGRAPHIE NAISSANTE 21

1.1 Une historiographie en plein développement..... 22

1.2 Un phénomène de mise en récit collective..... 29

1.3 Une fausse neutralité idéologique et épistémologique..... 35

1.4 La « matière » d'Internet..... 39

2. QUEL PROJET ? UNE HISTOIRE PROCESSUELLE DE L'EMERGENCE D'ARPANET.....47

2.1 Un processus d'émergence particulièrement complexe..... 47

2.2 Comment faire l'histoire de ce type « d'infrastructure informationnelle » ? 55

2.3 L'approche de la sociologie de la traduction 63

2.4 Sur quel corpus ?..... 99

2.5 Quelle démarche, quelle méthodologie ?..... 111

DEUXIEME PARTIE : TRAJECTOIRES

3. AUX SOURCES D'ARPANET 124

3.1 Le creuset cybernétique..... 125

3.2 La matrice socio-technique : Whirlwind, SAGE et MIT..... 130

3.3 Le time-sharing comme support d'un nouveau modèle d'ordinateur 158

3.4 Emergence de l'informatique interactive et communicationnelle..... 219

3.5 L'ARPA et la réorganisation de la recherche militaire..... 242

3.6 La jonction de 1962 : l'arrivée de Licklider à l'ARPA..... 269

4. STRUCTURATION DES RESEAUX DE L'INFORMATIQUE, EMERGENCE DE L'INFORMATIQUE EN RESEAU : 1962-1967.....287

4.1 Le rôle stratégique de Licklider : 1962 - 1964 288

4.2 Le Project MAC et ses suites..... 313

4.3 La montée en puissance de l'IPTO : 1964-1967 337

4.4 La montée en « réalité » du thème des réseaux d'ordinateurs..... 381

5. L'EMERGENCE D'ARPANET : 1967- 1969 .....

5.1 Un projet très minoritaire : la difficile problématisation du projet de Taylor et Roberts 408

5.2 La phase de conception de 1967 à 1968 418

5.3 La phase de mobilisation : l'année 1969..... 451

6. VERS L'IRREVERSIBILISATION D'ARPANET : 1969-.... ? 495

6.1 Quel « degré de convergence » de l'acteur-réseau ARPANET ? 496

6.2 Retour sur les conditions de l'irréversibilisation des réseaux..... 515

CONCLUSION

7. LEÇONS ET QUESTIONS EN SUSPENS SUR CETTE HISTOIRE D'ARPANET521

7.1 Cinq leçons sur cette «intrigue» de l'émergence d'ARPANET..... 523

7.2 Quelles limites à la sociologie de la traduction ? 539

7.3 Des difficultés d'écriture d'une « histoire processuelle »..... 548

7.4 Pour d'autres histoires à venir..... 553

INDEX 561

BIBLIOGRAPHIE..... 567

TABLE DES MATIERES..... 581

TABLE DES SCHEMAS..... 591

ANNEXES.....Vol. 2

INTRODUCTION

Pourquoi l'histoire d'Internet ?

Nous n'avons peut-être jamais eu autant besoin d'histoire que dans ces périodes de mutations et d'accélérations tous azimuts. S'il est difficile de déterminer la direction, l'évolution et le résultat des mutations en cours, induites par l'extraordinaire essor d'Internet, du moins l'éclairage historique permet-il d'en prendre la mesure et de discerner les véritables ruptures des continuités souterraines. Comment comprendre, par exemple, les transformations actuelles de la lecture et du livre sous les conditions du numérique, si l'on ne déroule pas la longue histoire des supports, des dispositifs et des pratiques de lecture ? La fonction centrale de l'histoire, du projet historique, en tant que clé privilégiée de compréhension du présent, reste plus que jamais valide dans l'univers instable des technologies numériques.

Dans cette perspective, nous tenons que l'histoire même d'Internet, la connaissance des conditions de son émergence constituent de précieuses clés pour en saisir la nature actuelle, les caractéristiques profondes et pour en deviner les devenirs possibles.
Ainsi l'évolution permanente du réseau des réseaux, sa dissémination, son « hétérogénèse » (comprise ici comme la tendance spontanée à créer de l'hétérogène, de la diversification, de la multiplicité), son caractère auto-organisé, collectif, sont autant de traits constitutifs de l'émergence de son ancêtre ARPANET, qui peut sembler pourtant bien éloigné de l'Internet actuel. C'est parce que ce premier réseau fut, dès sa naissance, un système ouvert, hétérogène et auto-organisé que l'Internet a pu devenir ce qu'il est aujourd'hui.

Mais entreprendre l'histoire des débuts d'Internet ne sert pas seulement à mieux comprendre la profondeur des mutations ou la nature du réseau. A condition d'intégrer une dimension critique sur ses propres fondements, une histoire de l'émergence des réseaux peut constituer l'un des meilleurs antidotes à tous les discours mythificateurs ou lénifiants. L'histoire d'Internet en effet reste encore largement dominée par divers « mythes des origines », légendes et rumeurs. Passablement embrouillée, compliquée et obscurcie par ces récits plus ou moins véridiques, cette histoire reste, sinon à construire, du moins à problématiser.

Clé de compréhension, mise en perspective, dévoilement et distanciation critiques par rapport aux discours de tous ordres (qu'ils soient « enchantés » ou « apocalyptiques »), une histoire du réseau des réseaux doit remplir toutes ces fonctions.

Sous réserve d'être elle-même dans une posture critique vis-à-vis de ses propres présupposés. D'où une deuxième question, presque plus importante à nos yeux que la première : quelle histoire d'Internet ou plutôt quel type d'histoire ?

Quel type d'histoire ?

La démarcation d'avec les inévitables mythes fondateurs, les légendes des origines ou les visions réductrices n'est pas le préalable le plus difficile. Nous y consacrons tout le premier chapitre de cette thèse, en essayant de faire un tour d'horizon de l'historiographie naissante d'Internet, de ses sources et des problèmes posés par une historiographie qui peine à se dégager de la posture du « récit des origines » ou du discours d'accompagnement. Ces diverses interprétations de la naissance d'Internet ou les lectures généralement fausses des origines (notamment l'interprétation erronée d'ARPANET comme projet militaire issu de la guerre froide) nous conduiront à soulever une question très classique de l'histoire : celle de son instrumentalisation idéologique.

Mais le vrai problème de l'historiographie d'Internet, actuelle ou à venir, est ailleurs et réside, selon nous, dans l'illusion de la « virginité épistémologique », qui caractérise la plupart des histoires courantes. Derrière toute histoire d'Internet ou de toute innovation se profilent deux questions fondamentales, dont l'économie mène tout droit à l'aveuglement sur ses propres présupposés : quel modèle théorique de l'innovation va se trouver mis en oeuvre, explicitement ou non, dans cette histoire ? et sur quelle conception préalable des techniques et des rapports techniques / société repose ce modèle ?

Sauf à verser dans des représentations toutes faites et naïves de la « question technique » et, par là-même risquer de tomber dans les filets des discours de la technophobie ou de la technolâtrie, toute réflexion, toute histoire d'un phénomène technique se voit donc dans l'obligation de faire un détour épistémologique préalable plus ou moins long. Plus encore que dans d'autres champs du savoir, les questions épistémologiques sont au coeur de toute analyse des phénomènes techniques, compte tenu de la prégnance d'un certain nombre de représentations courantes et de l'intense renouvellement des problématiques qui s'est opéré dans ce champ depuis plusieurs années.

Ainsi une histoire d'Internet ne peut pas ne pas reposer les questions fondamentales suivantes sur l'innovation : comment se fabrique l'innovation technique ? est-elle le produit de facteurs avant tout sociaux, de stratégies d'acteurs, d'une logique interne aux techniques ? quelle est la part respective de chacun de ses composants (techniques, sociaux, culturels, politiques, etc.) ? quels sont les mécanismes de ses processus internes, comment peut-on les représenter ?

Autrement dit, la sempiternelle question du déterminisme - qu'est-ce qui détermine l'innovation : la technique, la société ou les deux à la fois ? - paraît incontournable pour toute histoire d'un projet technique. Il ne s'agit pas pour autant de réinventer la roue, car le terrain a déjà été profondément labouré et la sociologie des innovations est désormais riche d'acquis théoriques et méthodologiques sur lesquels s'appuyer.

En ce qui nous concerne, ce détour a commencé d'être entrepris dans notre mémoire de DEA, dans lequel nous faisions état d'une certaine « *obsession de la question technique* »[1], en reprenant à notre compte ce postulat commun à plusieurs philosophes actuels, selon lequel la question technique occupe aujourd'hui une « position carrefour ». Dans ce travail, nous tâchions surtout d'explorer un certain nombre d'approches philosophiques, réunies sous l'appellation commode « d'approches de la médiation ».

Cette étude croisée des pensées de Simondon, Leroi-Gourhan, Stiegler, Latour, de la médiologie de Debray ou de l'écologie cognitive de Pierre Lévy nous a profondément convaincu de la nécessité de sortir des stériles oppositions et d'essayer de penser simultanément les techniques et le social. Médiations, interfaces, agencement, processus de traduction, dispositif socio-cognitif, milieu associé, extériorisation de l'humain dans la technique : au-delà des spécificités, des différences voire des divergences qui peuvent opposer ces diverses notions, les approches de la médiation ont en commun de proposer une vision continuiste, relationnelle, associationniste, des phénomènes socio-techniques.

Pour nous, une histoire d'Internet ne saurait s'inscrire que dans cette conception continuiste, refusant de séparer arbitrairement les multiples dimensions entremêlées des phénomènes socio-techniques.

Mais si les approches de la médiation ont modifié notre regard sur les techniques, si elles nous ont fourni le cadre général, le paradigme nécessaire pour aborder le phénomène d'Internet et des technologies numériques, elles ne sont pas forcément d'un très grand secours pour penser les processus et les mécanismes mêmes de l'innovation technique ou pour en faire l'histoire.

Un deuxième détour s'avère donc nécessaire, passant ici par la sociologie des techniques et de l'innovation. Fondés sur des études de cas précises, sur de multiples travaux, les modèles de l'innovation revêtent une dimension opératoire, méthodologique, que ne peuvent fournir des approches théoriques plus générales. Mais à l'inverse, plusieurs de ces modèles sociologiques

---

[1] A. SERRES, *L'Obsession de la "question technique". Pour un autre regard sur les technologies numériques*, Mémoire de DEA Sciences de l'Information et de la Communication, Université Rennes 2, 1995.

manquent d'un soubassement théorique ou philosophique fort et se présentent comme des cadres d'analyse, des grilles méthodologiques pertinentes mais locales.

Le courant de pensée qui relie constamment approche philosophique et observation sociologique, réflexion globale et étude de cas, conceptualisation forte et outils méthodologiques précis, est, sans conteste, celui défendu par Bruno Latour, Michel Callon et les chercheurs du Centre de Sociologie de l'Innovation. Non seulement la sociologie de la traduction repose sur une critique stimulante de la plupart des dualismes et des dichotomies établies (séparation de la science et de la société, des techniques et du social) et invite à re-questionner nombre de nos présupposés sur la construction des sciences, des techniques, des objets, de la société, voire de la politique, mais elle propose un cadre théorique et méthodologique fécond pour retracer les processus d'innovation.

Aussi bien pouvons-nous reconnaître dès maintenant notre dette intellectuelle à l'égard de cette approche particulière des sciences et des techniques, qui a servi de grille d'analyse privilégiée pour ce travail.

Nous n'en avons pas fini pour autant avec les détours épistémologiques préalables. Pour nous, si une histoire d'Internet doit s'appuyer sur une conception philosophique générale des techniques (les approches de la médiation), si elle se doit d'expliciter le modèle de l'innovation qu'elle entend mettre en oeuvre (l'approche de la traduction), elle doit se confronter également à un troisième questionnement : celui de l'histoire de cette innovation et de l'écriture de cette histoire. Questionnement à double détente : il s'agira d'une part de s'interroger, de manière générale, sur la conception de l'histoire des techniques servant de soubassement à notre travail, de reposer également quelques unes des questions qui hantent les historiens (ou l'épistémologie de l'histoire), comme la question centrale de la causalité ; et d'autre part, il nous faudra questionner notre propre modèle de référence, la sociologie de la traduction, sur sa pertinence et ses limites à servir précisément de cadre théorique pour une histoire telle que celle de l'émergence d'ARPANET. Ce questionnement, entamé dans la première partie, sera repris dans la conclusion consacrée aux questions en suspens sur l'émergence d'ARPANET et à un bilan critique de cette tentative d'application de la sociologie de la traduction.

Le double objet de la thèse

On comprendra mieux dès lors le double objet, historique et épistémologique, que vise ce travail : il s'agit à la fois de construire une histoire ou plutôt une « socio-histoire » de

l'émergence d'ARPANET, en insistant sur la diversité de ses origines et de réfléchir sur les aspects épistémologiques de cette histoire, fondée sur une approche particulière de l'innovation.
D'où l'aspect parfois hybride de cette thèse, située à la croisée de plusieurs champs (l'histoire des techniques et notamment de l'informatique, la sociologie des innovations, les sciences de l'information et de la communication servant de socle de référence) et de deux questionnements fondamentaux : quelle est l'histoire de l'émergence d'ARPANET et comment écrire cette histoire.

Au plan de la connaissance historique, la période de la naissance proprement dite d'ARPANET (*i.e.* les années 69-70) commence à être bien connue, grâce aux divers ouvrages et articles qui ont été publiés récemment. En revanche, l'arrière-plan socio-technique, les multiples origines, les acteurs et les processus qui ont abouti à ARPANET restent encore mal connus et compliqués. Notre travail s'est donc essentiellement porté sur cette longue période d'une quinzaine d'années, qui voit émerger les projets de réseaux d'ordinateurs, les principes techniques, les discours de légitimation, les réseaux d'acteurs, en bref toutes les entités impliquées dans la naissance d'ARPANET à l'automne 69.
Retracer cette longue histoire en essayant de relever le défi de la complexité et de l'enchevêtrement de ses filières représente ainsi le premier objectif de ce travail, qui fait l'objet de la partie la plus importante, intitulée « Trajectoires ».
Ce titre résume à sa manière le type d'histoire entreprise, se voulant à la fois processuelle et immanentiste. Qu'entendons-nous par là ? Une histoire processuelle, en mettant l'accent sur les trajectoires des acteurs et actants de l'émergence d'ARPANET, cherche à suivre au plus près les innombrables processus qui ont constitué ces trajectoires, en essayant de n'omettre aucune dimension (sociale, technique, politique, idéologique, scientifique, individuelle) ni aucune entité (acteurs humains, organisations, textes, artefacts, dispositifs de toutes sortes) concernées par ces processus de diverses natures. Il s'agit d'appréhender (du moins de tenter) l'ensemble des composants du processus d'émergence d'ARPANET et d'en restituer l'incertitude, l'indétermination foncière. Les notions et le répertoire de la traduction, proposés par Callon et Latour, ont servi de cadre méthodologique et de référence pour ce type d'histoire.
Par ailleurs, une telle démarche ne peut être qu'immanentiste, *i.e.* fondée sur le refus des *a priori* de principe et des explications causales. Notre histoire d'ARPANET ne s'adosse à aucune « problématique historique » préalable dont elle serait la démonstration. Nous avons cherché, dans la mesure du possible, à nous placer « du point de vue » des acteurs et actants et à les suivre dans leurs innombrables transformations et déplacements. Certes, au final, nous donnons à voir une certaine lecture de l'émergence d'ARPANET et notre travail n'échappe ni à la

reconstruction ni aux explications *a posteriori*. Mais même au risque de n'être qu'une pétition de principe, la position immanentiste n'en demeure pas moins essentielle à nos yeux car elle définit l'esprit dans lequel fut entreprise cette recherche.

Sur un autre plan, le refus d'une problématique historique, le parti-pris du suivi des acteurs concernés ainsi que l'occultation partielle et volontaire du contexte général (socio-historique, économique, etc.) de l'émergence d'ARPANET peuvent conduire à s'interroger sur la nature réellement « historienne » de notre travail. Sans trancher la délicate question de la caractérisation à la fois épistémologique et institutionnelle de cette thèse (jusqu'où ce travail relève-t-il de l'histoire ?), nous qualifierons provisoirement l'ensemble de notre recherche par la formule suivante : il s'agit d'un travail de sociologie historique sur l'émergence d'ARPANET, d'une exploration empiriste des faits, des acteurs et des processus de cette émergence se situant « tout contre » l'histoire, sans en revendiquer le label.

Le deuxième objet de la thèse, *i.e.* le questionnement épistémologique, concerne à la fois la sociologie de la traduction et les modalités de sa mise en oeuvre. Davantage développé dans la première et la dernière partie, nous avons essayé de le faire courir également tout au long du récit historique. On peut résumer ce questionnement de la manière suivante : jusqu'à quel point une histoire processuelle, inspirée de la sociologie de la traduction, est-elle possible sur des objets historiques aussi vastes que le processus d'émergence d'ARPANET et à quelles conditions ? Plus précisément, l'ouverture d'une « boîte noire » aussi ancienne et aussi complexe qu'ARPANET, le suivi immanentiste des multiples acteurs et actants, la reconstitution de réseaux enchevêtrés peuvent-ils être réalisés sans le recours à des outils informatiques spécifiques de traitement et de cartographie des traces et du corpus de l'innovation ? Autrement dit, jusqu'où la sociologie de la traduction s'avère-t-elle pertinente pour l'histoire des inventions techniques ?

Derrière le cas précis de l'émergence d'ARPANET, se pose en fait le problème d'une écriture renouvelée des innovations techniques sous les conditions du numérique et des nouveaux outils de l'intelligence. L'histoire de ces outils est inséparable de la question des outils de cette histoire.

PREMIERE PARTIE

LE PROJET

1. TOUR D'HORIZON D'UNE HISTORIOGRAPHIE NAISSANTE

Puisque ce travail de recherche se propose d'explorer les origines d'Internet, un tour d'horizon rapide de l'historiographie existante constitue un préalable obligé. Qu'entendons-nous par ce terme ? Nous en donnerons une acception très large, qui dépasse le seul cadre universitaire habituellement évoqué pour désigner l'ensemble des travaux de recherche consacrés à l'histoire d'un phénomène. Concernant Internet, nous entendons par historiographie l'ensemble hétérogène, proliférant et inégal, des nombreux écrits, travaux, textes, témoignages de toutes sortes, consacrés à la naissance et à l'histoire du « réseau des réseaux ».

Cette définition résulte d'un choix méthodologique expliqué plus loin, consistant à prendre en compte l'ensemble des « discours » et des traces suscités par l'histoire, ou l'évocation de l'histoire d'Internet, pour en dresser ensuite une sorte de classification, qui nous servira d'ailleurs à justifier notre propre corpus.

Entremêlant travaux universitaires patentés, ouvrages de journalistes, textes personnels d'internautes, témoignages d'acteurs, ouvrages de vulgarisation..., l'historiographie d'Internet ne cesse de se développer, utilisant toute la puissance du réseau, dont elle constitue souvent une « mise en récit ». Comment caractériser cet ensemble disparate ? Comment y trier le bon grain historien de l'ivraie idéologique, distinguer les différents statuts de ces textes, les multiples fonctions remplies par cette historiographie en plein essor ?

Au moins trois types « d'histoires » ou de discours historiques sur Internet peuvent être identifiés, selon les procédures de validation ainsi que les réseaux et les institutions qui en permettent la diffusion. Nous distinguerons ainsi :

- une recherche historique naissante, fondée sur des mises en perspective, des éclairages singuliers, des problématiques explicites. Issue des universités, américaines pour la plupart, l'historiographie scientifique d'Internet, bien que limitée, paraît en plein essor.
- une « histoire-chronique » événementielle, journalistique, visant à faire la chronique des faits et gestes des différents acteurs d'ARPANET et d'Internet, le récit, plus ou moins enjolivé, des origines. Apparue la première, cette histoire-chronique domine encore largement l'historiographie grand-public et constitue une source précieuse d'information sur les origines du réseau.

Ces deux types d'histoires ne se distinguent pas toujours aisément : certains travaux universitaires s'apparentent davantage à une enquête journalistique et certaines enquêtes ne sont guère éloignées de travaux académiques.

- enfin une histoire de type « grand récit », relevant, selon nous, du discours d'accompagnement des nouvelles technologies, de l'imaginaire technique rétrospectif des acteurs d'Internet. Histoires plus ou moins « sauvages », textes publiés sur le web sans contrôle, réplications d'autres histoires plus construites, circulation massive d'énoncés plus ou moins identiques, cette histoire « grand récit » ne se définit pas par des acteurs, des traces et des réseaux clairement identifiés, mais plutôt par un ensemble disparate d'énoncés, ayant pour point commun de véhiculer schématiquement les mêmes représentations. Nous revenons plus loin sur les problèmes posés par ce type d'histoire.

Notons d'ores et déjà un point essentiel, commun à toutes ces histoires. Qu'elle soit de nature universitaire, journalistique, « internaute » ou grand-public, l'historiographie d'Internet est avant tout à l'image du réseau lui-même : largement dominée par les Américains. A la fois acteurs, utilisateurs et observateurs du phénomène Internet, les Américains ne sont pas seulement les mieux placés pour s'intéresser à l'histoire de leur innovation majeure ; de nombreux facteurs concourent pour faire de cette historiographie (au sens large) un élément constitutif du développement même d'Internet.

1.1 Une historiographie en plein développement

Les premières histoires d'Internet, apparues au début des années 90, sont généralement le fait d'étudiants ou « d'internautes », acteurs du développement d'ARPANET ou d'Internet. Parmi ces premières histoires, il convient d'en citer quatre, notamment en raison de l'écho qu'elles ont rencontré en France.

Tout d'abord, les travaux pionniers d'un couple de chercheurs, eux-mêmes acteurs importants des premières communautés en ligne, Ronda et Michael Hauben, qui commencent à écrire et à diffuser sur le réseau, dès 1992, les premiers textes sur l'histoire d'Internet et de Usenet. [2]
Michael Hauben, utilisateur d'un BBS[3]dans le Michigan depuis 1985, a commencé à entreprendre, vers 1992, dans le cadre de ses études à la Columbia University, une recherche sur

[2] Usenet est le réseau de support des « newsgroup », i.e. des forums de discussion.

[3] Bulletin Board System : service de messagerie, de transfert de fichiers et de discussion

les origines et le développement des forums de discussion, dont il était un fervent utilisateur.[4] Imprégné de l'esprit de coopération, de communication et d'échange, qui animait les forums de discussion d'alors, il forgea, au cours de son deuxième article, en 1993, le terme de « *Netizens* »,[5]contraction de *net citizen* (citoyen du Net), pour désigner ces « communautés en ligne », annonciatrices de ce nouveau monde des réseaux informatiques.

Egalement membre des communautés en ligne, Ronda Hauben, publie, dès 1993 également, plusieurs articles sur l'histoire de Usenet. En quatre ans, les Hauben vont ainsi rédiger, séparément ou ensemble, plusieurs articles publiés sur le web et dans la presse informatique, explorant l'arrière-plan de la création d'ARPANET, montrant les idées et les projets des pionniers des réseaux de communication (Licklider, Taylor...), insistant sur la place de la cybernétique, du *time-sharing* et des projets d'informatique interactive dans la longue émergence d'ARPANET.

Tous ces textes, remarquablement documentés et riches d'informations, seront enfin rassemblés pour former un livre, « *Netizens* », publié en 1997 [6]. Si on laisse de côté toute « l'idéologie communicationnelle » et l'enthousiasme parfois débridé pour le Net, paré de toutes les vertus rédemptrices, cet ouvrage constitue, à nos yeux, l'une des sources les plus complètes à ce jour sur la naissance d'ARPANET. Il permet en effet de déployer toute la diversité des acteurs et des organisations impliqués dans ce processus d'émergence et montre notamment la toile de fond des premiers réseaux.

Si les travaux des Hauben ont constitué pour nous la première et, pendant longtemps, la principale source d'information sur la naissance d'Internet, ils ont bien évidemment marqué de nombreux chercheurs. Ils sont notamment cités par Jean-Claude Guédon, dans son ouvrage « *La Planète cyber. Internet et le cyberspace* » (Collection Découvertes Gallimard), l'un des premiers livres sur l'univers d' Internet destiné au grand public en France. Guédon indique en effet en 1996 « *deux histoires de l'Internet disponibles sous forme numérisée* » : l'une est celle des Hauben, l'autre celle d'un étudiant, Henry Edward Hardy, qui a réalisé, en 1993, l'un des premiers travaux universitaires : « *The History of the Net* », *Master's Thesis* de la School of Communications, à la Grand Valley State University [7].

---

[4] M. HAUBEN, *The Social Forces behind the Development of Usenet*, hiver 1992

[5] M. HAUBEN, *The Net and Netizens The Impact the Net has on People's Lives*, été 1993

[6] M. et R. HAUBEN, *Netizens : On the History and Impact of Usenet and the Internet*, IEEE Computer Society Press, 1997

[7] H. HARDY, *The History of the Net. Master's Thesis, School of Communications, Grand Valley State University.* 1993. p. 2. Disponible par FTP : <ftp://umcc.umich.edu /pub/seraphim/doc/nethist8.txt>

Si nous évoquons ce mémoire de maîtrise, ce n'est point tant par son contenu (beaucoup moins dense que l'oeuvre des Hauben, dont il s'est beaucoup inspiré) que par l'impact qu'il aura en France, où il servira souvent de source à de nombreux auteurs. Ainsi le travail de Hardy sert-il de référence historique dans le premier travail de synthèse publié en France, l'ouvrage bien fourni d'Arnaud Dufour, *Internet*, dans la collection *Que sais-je ?*, publié pour sa première édition en 1995. Nous verrons plus loin l'importance de cet élément bibliographique dans la diffusion de l'interprétation courante des origines.

A la même époque que les premiers textes des Hauben, il faut également mentionner un ouvrage, devenu célèbre, de Howard Rheingold, « *Virtual Reality* », publié en 1991. Bien qu'ayant pour objet la réalité virtuelle et non l'histoire d'Internet, Rheingold consacre plusieurs pages aux pionniers d'ARPANET et aux premiers travaux sur les interfaces hommes-machines, notamment de Licklider et Engelbart. Il publiera plus tard un autre ouvrage important, « *Virtual Communities* ».

Dans cette catégorie des histoires d'Internet à large diffusion, il faut mentionner enfin un dernier ouvrage, celui de Katie Hafner, journaliste scientifique et Matthew Lyon, universitaire de l'Université du Texas, paru en 1996 aux Etats-Unis : *« Where Wizards Stay Up Late : The Origins of the Internet* ». Il a été publié en 1999 en France sous le titre « *Les Sorciers du Net* »[8]. Cet ouvrage, le premier d'importance consacré à la naissance d'Internet qui ait été traduit en français, constitue un apport précieux à la connaissance des acteurs et des conditions immédiates d'émergence d'ARPANET. Conçu et écrit comme un reportage journalistique, émaillé de nombreuses anecdotes qui en rendent la lecture vivante, « Les Sorciers du Net » fournit une description minutieuse et dense des premiers jours d'ARPANET. Les auteurs ne proposent toutefois aucune mise en perspective historique et n'insistent peut-être pas suffisamment sur la période des années 50-60, contrairement à Michael et Ronda Hauben. De nombreuses lacunes peuvent également leur être reprochées, ainsi qu'un certain « parti-pris » pour l'entreprise , qui construisit le réseau. Mais le matériau de Hafner-Lyon est d'une remarquable richesse et restitue toute l'incertitude, la complexité du processus d'émergence d'ARPANET. Les auteurs se sont beaucoup appuyés sur les témoignages des acteurs des années 60, notamment ceux de l'équipe BBN et de l'ARPA.

---

[8] K. HAFNER, M. LYON, *Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet*, Calmann-Lévy, 1999

Les livres évoqués ci-dessus représentent-ils la recherche historique proprement dite ? Le livre de Hafner et Lyon relèverait plutôt de ce que nous avons appelé plus haut une « histoire-chronique », expression certes un peu vague, forgée pour mieux distinguer les travaux à la lisière de l'enquête et de la recherche (cela dit sans aucun jugement de valeur, car il s'agit d'un genre d'écrit qui a ses lettres de noblesse). L'oeuvre de Michael et Ronda Hauben, très documentée et à l'écriture plus « académique » que celle de Hafner-Lyon, semble relever davantage d'une recherche universitaire. Mais il est quelque peu difficile et arbitraire d'attribuer ainsi des « étiquettes », elles-mêmes pas toujours bien définies, à des travaux de nature historique réalisés dans un autre pays où les critères de scientificité ne sont pas forcément les mêmes que les nôtres.
Ce qui frappe avant tout, à la lecture des travaux précités, c'est leur densité « informationnelle » contrastant avec leur faiblesse théorique : beaucoup de faits, de données, de témoignages, d'informations, de références de toutes sortes, mais très peu d'explications, sauf de nature « idéologique » (notamment chez les Hauben), encore moins de références à un quelconque « modèle » théorique. Ces études américaines que nous avons pu consulter, aussi documentées soient-elles, paraissent le plus souvent relever d'une histoire journalistique ou événementielle, d'où sont absentes mises en perspective historique et problématisations.

Si nous regardons du côté de la recherche académique proprement dite, ce nouveau champ de recherche semble en cours d'institutionnalisation, comme l'atteste la Conférence consacrée à l'histoire d'Internet, de la *Society for Social Studies of Science*, tenue en octobre 1995 à l'Université de Virginie.
Nous n'avons, malheureusement, pas pu consulter directement les travaux dont il est question ici. Il s'agira donc de sources de « seconde main » et nous nous baserons, pour ce faire, sur les commentaires critiques de Geof Bowker[9], historien des systèmes d'information. En effet, Bowker a fait, sur le web, quelques commentaires très intéressants à propos de cette conférence de la *Society for Social Studies of Science*. Dans un court texte, il commente trois interventions, remarquées lors de cette conférence, développant chacune un éclairage particulier sur l'histoire d'Internet : celle de Judy O'Neill, de Juan Rogers et de Janet Abbate. Qui sont ces trois chercheurs ?
Judy O'Neill est une chercheuse du *Charles Babbage Institute*, dont nous soulignons plus loin le rôle éminent dans la constitution d'une mémoire des technologies de l'information. Elle a notamment participé, avec Arthur Norberg, William Aspray et d'autres chercheurs, à une série

[9] G. BOWKER, *Thoughts on the history of the Internet.* (Comments on session on the history of the Internet at the Society for Social Studies of Science..; Charlottesville, 18-22 octobre 1995

d'entretiens avec les acteurs d'ARPANET. Son intervention, lors de cette conférence de 1995, portait sur le rôle majeur de l'ARPA et du Pentagone dans la naissance d'ARPANET (« *Developing the Internet : ARPA's view* »). Les entretiens menés au CBI (*Charles Babbage Institute*) lui ont par ailleurs fourni la base d'un ouvrage, rédigé avec Arthur Norberg, « *Transforming computer technology : information processing for the Pentagon, 1962-1986* », publié en 1996 aux John Hopkins University Press. Cet ouvrage nous semble (car nous n'avons pu le consulter) de première importance sur l'histoire d'ARPANET, par la qualité des sources, la richesse du matériau et la perspective développée, retraçant le rôle du Pentagone et de l'ARPA dans l'essor de l'informatique américaine.

Janet Abbate, autre chercheuse citée par Geof Bowker, est également un nom connu de l'historiographie d'Internet, souvent cité. Ayant consacré son travail de thèse, à l'Université de Pennsylvanie, à l'histoire des relations entre l'ARPA et la recherche informatique,[10] elle a également travaillé sur les processus de normalisation des réseaux de télécommunications. Son intervention (« *Open systems' as a Socio-Technical Model for the Internet* ») lors de cette conférence de 1995, portait en effet sur l'histoire des relations entre les entreprises internationales de télécommunications et l'ARPA, autour de la controverse entre les protocoles d'Internet, TCP/IP, et la norme OSI [11] définie par l'ISO (*International Standard Organisation*).

La troisième intervention, relevée par Geof Bowker, est celle d'un chercheur, Juan Rogers (« *Characterizations of Internet History : toward a multistranded account* »), portant sur les différentes histoires d'Internet colportées dans la presse populaire : une étude de l'historiographie d'Internet, en quelque sorte. Rogers, d'après le commentaire de Bowker, semble se référer implicitement aux notions de Latour sur la construction des objets sociotechniques, en mettant l'accent sur les multiples lignées de l'histoire d'Internet, l'identification de leurs points de connexion.

Ces trois approches très intéressantes de l'histoire d'Internet paraissent, sous plus ample information, relever réellement sinon d'une problématique théorique, du moins d'une perspective originale développée sur la naissance du réseau.

---

[10] J. ABBATE, *From ARPANET to Internet : A History of ARPA-Sponsored Computer Netwoks, 1966-1988*. Philadelphia : University of Pennsylvania, unpublished doctoral dissertation, 1994

[11] OSI : *Open Systems Interconnexion* (Interconnexion des systèmes ouverts). Norme internationale d'interconnexion des réseaux, opposée à TCP/IP dans les années 80.

Nous terminerons ce bref (et partiel) tour d'horizon des travaux des historiens américains par l'article de John Leslie King, Rebecca Grinter et Jeanne Pickering sur la naissance d'ARPANET, l'un des rares articles de recherche traduit en français et publié dans la revue Réseaux [12] Relatant l'émergence de « la communauté virtuelle de Netville », *i.e.* l'ensemble des pionniers d'ARPANET qui développèrent les premières infrastructures et applications du réseau, les auteurs proposent une perspective éclairante sur les facteurs sociaux et techniques de l'innovation, insistant sur la convergence des intérêts de la « coalition institutionnelle » des acteurs d'ARPANET. Nous serons amenés à revenir sur ce texte, essentiel dans l'historiographie naissante d'Internet.

Sans aller plus avant dans les problématiques développées par ces différents chercheurs et dans les perspectives renouvelées qu'ils offrent sur l'histoire d'Internet, concluons provisoirement que cette histoire, qui ne fait que commencer, a déjà des bases solides derrière elle et témoigne, outre-Atlantique, d'une richesse et d'une diversité prometteuses.

De ce côté-ci de l'Atlantique, l'historiographie d'Internet s'enrichit progressivement de plusieurs articles et travaux, même si la recherche française n'apparaît pas aussi développée que sa consoeur américaine. Il faut noter d'ailleurs que l'historiographie française suit et accompagne le développement des travaux américains : ainsi il y a quelques années, les premières évocations historiques françaises[13] provenaient souvent des mêmes sources américaines, notamment le mémoire de Hardy et les travaux des Hauben. Le développement récent des recherches a permis une diversification des références et un renouvellement des perspectives.
Par ailleurs, les travaux français s'inscrivent dans une dimension théorique souvent plus affirmée, référant l'histoire d'Internet à une approche de l'innovation technique, une conception pré-établie de la technique. Ainsi, plusieurs chercheurs mettent-ils l'accent sur la dimension utopique, imaginaire, qui habitait les pionniers d'ARPANET. Viviane Serfaty[14], par exemple, explore l'idéologie sous-jacente (celle de la communication transparente) qui a guidé les premiers pas du réseau. Se fondant sur un riche corpus de sources américaines, Patrice Flichy[15] a

---

[12] J. KING, R. GRINTER, J. PICKERING, Grandeur et décadence d'ARPANET. la saga de Netville, cité champignon du cyberspace, *Réseaux*, n° 77, mai-juin 1996, p. 9-35

[13] Notamment DUFOUR, Arnaud. *Internet.* Paris : PUF, 1995. (Que sais-je ?) et GUEDON, Jean-Claude. *La planète cyber. Internet et cyberspace*. Paris : Gallimard, 1996. (Découvertes Techniques)

[14] V. SERFATY, L'Internet : fragments d'un discours utopique, *Communication et langages*, n° 119, p. 106-117

[15] P. FLICHY, Internet ou la communauté scientifique idéale, *Réseaux*, n° 97, 1999. p. 77-120

retracé, dans un article récent, les grandes étapes de l'histoire d'Internet en prenant pour point d'entrée l'imaginaire de la communauté scientifique, qu'il place à l'origine d'Internet.
De son côté, Jean-Claude Guédon, l'un des premiers chercheurs français à s'être intéressé à l'histoire d'Internet, reconnaît également la dimension communicationnelle (et non militaire) du premier réseau, tout en insistant sur l'histoire des protocoles et des composants techniques d'Internet.[16]

Ainsi l'historiographie scientifique sur Internet commence-t-elle à se construire de part et d'autre de l'Atlantique. Elle devrait permettre peu à peu de contrebalancer les histoires d'Internet formant la trame d'un « grand récit » passe-partout, dont nous souhaitons pointer quelques aspects problématiques.

[16] Voir notamment J.C. GUEDON, La force de l'intelligence distribuée, *La Recherche*, n° 328, février 2000, p. 16-22

1.2 Un phénomène de mise en récit collective

Cette recherche historique, brièvement évoquée, n'est que la pointe émergée d'un vaste ensemble documentaire. Et ce qui constitue peut-être une nouveauté dans l'histoire des innovations, c'est l'explosion de cette historiographie prise au sens large, qui accompagne l'essor du réseau lui-même.

Elle se caractérise par une grande hétérogénéité. Hétérogénéité des auteurs : journalistes, chercheurs, étudiants, informaticiens, sociologues, acteurs historiques d'Internet, amateurs et internautes passionnés, cadres commerciaux, l'histoire du réseau intéresse de multiples catégories d'auteurs. Diversité des écrits : articles, ouvrages, textes assez bref sur le web, chronologies diverses, témoignages, interviews, textes publicitaires... Mais cette diversité contraste avec une certaine uniformité des contenus, dans l'historiographie « grand-public » du moins.

D'où le statut quelque peu problématique de cet ensemble historiographique : discours d'accompagnement, « imaginaire technique », récit mythique, enquête journalistique ou bien recherche historienne ? L'historiographie d'Internet est tout cela à la fois et il n'est pas toujours facile de s'y retrouver. Deux grands traits peuvent la caractériser :

- son caractère auto-référentiel
- sa fonction de mise en récit collective

1.2.1 Une histoire auto-référentielle

L'on sait à quel point Internet est un « média » global, autosuffisant, dont la finalité se trouve en lui-même et ce, dès l'origine : le réseau sert avant tout à communiquer par et pour le réseau et les innombrables avancées techniques trouvent leur légitimation sur le réseau lui-même.

Ce caractère auto-référentiel du réseau des réseaux, pointé par de nombreux observateurs et qui en constitue l'un des traits majeurs, ne pouvait pas ne pas s'appliquer également à sa propre histoire. De deux manières :

- par l'explosion, sur le réseau lui-même, des sites consacrés, en partie ou en totalité, à l'évocation des origines. [17]

[17] Pour exemple, une requête simple sur Alta Vista, réalisée le 18 février 2000, avec le mot-clé « ARPANET » donne, pour résultat, 25 859 pages web ! Si l'on demande : +ARPANET +history, Alta Vista trouve 2 796 pages. L'explosion historiographique n'est pas un vain mot...

- par les témoignages, de plus en plus nombreux, des acteurs d'Internet eux-mêmes, qui sont pour la plupart toujours vivants, occupant des responsabilités importantes. Ces acteurs (ingénieurs, professeurs, administrateurs), qui ont souvent leur propre site, sont cités par les nombreux internautes passionnés, qui tentent ici et là de recueillir les bribes du « grand récit » des origines.

Internet constitue ainsi sa propre ressource pour toute histoire à réaliser, et ce travail en est une preuve supplémentaire.

Dans les multiples chantiers de recherche ouverts par Internet dans les années à venir, l'étude de la constitution du récit historiographique, ou la sécrétion par le réseau lui-même de sa propre histoire, souvent confondue avec son développement en cours, pourrait représenter un champ de recherche tout à fait intéressant. Car il s'agit d'un phénomène inédit par son ampleur, dans lequel le développement d'un média est accompagné, scandé par une histoire, qui n'a jamais autant joué le rôle de discours de légitimation.

1.2.2 La mise en récit ou la légende d'Internet

Chaque innovation suscite une floraison de « discours d'accompagnement », servant à légitimer les choix des acteurs, à orienter les usages, à justifier l'innovation. Ou au contraire à décrier, à en dénoncer les effets jugés nocifs.

Internet, moins que toute autre innovation, n'échappe à la règle et l'essor du réseau des réseaux s'est toujours accompagné des discours de légitimation les plus variés. Ce qui nous intéresse ici, c'est cette fonction de « mise en récit » que joue une partie de l'historiographie d'Internet.

Plusieurs sites, américains pour la plupart, évoquent ainsi avec des accents lyriques la naissance d'Internet, comparée à la « dernière frontière » et porteuse de toutes les utopies.

Ainsi Henry Hardy, dans la préface de son mémoire, salue en ces termes le Net :

> *« Why write a history of the Net? It's not enough to say merely that it's never been done. The Net is a unique creation of human intelligence. The Net is the first intelligent artificial organism. The Net represents the growth of a new society within the old. The Net represents a new model of governance. The Net represents a threat to civil liberties. The Net is the greatest free marketplace of ideas that has ever existed. The Net is in imminent danger of extinction. The Net is immortal. »*[18].

[18] H. HARDY, *The History of the Net. Master's Thesis, School of Communications, Grand Valley State University.* 1993, p. 2

Jim Brain, autre thuriféraire enthousiaste, n'hésite pas, quant à lui, à comparer Internet à la découverte de l'Amérique :

> *« In many ways, the Internet in the 1990's is much like the New World in 1492, after Christopher Columbus discovered it. »* [19].

Ce qui nous paraît intéressant à relever dans ces « histoires » d'Internet très présentes sur le web, c'est la force, la prégnance et la diffusion massive des éléments constitutifs de la trame d'un nouveau « grand récit », qui constitue d'ores et déjà un matériau de choix pour l'étude des utopies socio-techniques.

Que l'histoire et le développement des technologies informatiques aient sans cesse été surchargés de symboles, producteurs et déclencheurs de métaphores, n'est certes pas nouveau. Un ouvrage fait d'ailleurs le point sur l'importance et la signification des métaphores utilisées pour décrire l'univers des réseaux d'information, celui de Mark Stefik « *Internet Dreams : Archetypes, Myths, and Metaphors for Inventing the Net* », publié en 1996, aux MIT Press.

Mais le problème soulevé ici n'est pas tant l'existence, en soi inévitable, de cet « imaginaire technique », dont Flichy a bien montré le rôle essentiel dans les processus d'innovation,[20] que son intrusion, souvent au premier degré, dans nombre d'études à caractère historique. Preuve s'il en est, que l'étude du développement d'Internet peine à sortir des filets de la « rhétorique de l'utopie technique ».

1.2.2.1 En France, une histoire grand-public passe-partout

Qu'en est-il en France, où les nécessités de la légitimation historique et du « récit des origines » sont beaucoup moins vives et de nature différente (puisque Internet n'est pas né ici) ?

Nous avons évoqué le déséquilibre franco-américain dans les travaux de recherche : il nous faut évoquer un second déséquilibre, propre à la situation française, existant entre l'histoire « grand-public » et la recherche historique.

Ce déséquilibre se manifeste, selon nous, par la diffusion massive, grand-public d'une présentation historique passe-partout, répliquée à l'infini, par le fait même de la puissance d'Internet et de ses possibilités de reproduction. Ainsi, pas un ouvrage ou un article de vulgarisation, pas une émission de TV, pas un site web de présentation générale d'Internet qui ne fasse référence aux mêmes éléments historiques, aux mêmes explications, aux mêmes noms.

---

[19] J. BRAIN, *A Compressed History of the Internet*, Creative Micro Designs, 1995

[20] P. FLICHY, *L'Innovation technique. Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation*, La Découverte, 1995, p. 179-206

Une étude critique des conditions de diffusion de cette « histoire officielle » d'Internet mériterait d'ailleurs d'être entreprise et pourrait constituer un exemple intéressant des nouvelles formes que revêt aujourd'hui l'épidémiologie des représentations ou des connaissances, sous les conditions du numérique.

Rappelons brièvement les composants de cette « histoire officielle » d'Internet, que nous illustrerons par quelques extraits d'ouvrages de vulgarisation.

Philip Wade et Didier Falcand, dans *Cyberplanète*, en fournissent une assez bonne illustration :

> *« Il faut en effet se remettre dans le contexte politique de l'époque, c'est-à-dire en pleine guerre froide, au moment où l'Union soviétique vient de remporter une victoire capitale en lançant en 1957 le premier satellite dans l'espace, le fameux Spoutnik. Pour éviter que l'avance soviétique ne s'étende à d'autres secteurs, les politiques et les militaires américains décident d'investir massivement dans un nouveau programme de recherche. En 1962, le scientifique Paul Baran suggère à l'US Air Force de fonder ses systèmes de communication sur le principe d'un réseau informatique décentralisé à structure maillée. L'avantage est évident : dès lors que le réseau ne possède plus de point central, il peut parfaitement résister à une destruction partielle, due par exemple à un bombardement nucléaire. Finalement, il faudra sept ans pour que la société de consultants BBN préconise un mode de communication par paquets doté d'un protocole original, le Network Control Protocol.* [21]*»*

Cette explication des origines d'Internet se trouve dans la plupart des ouvrages de vulgarisation, consacrés à Internet. En voici un autre exemple, figurant dans l'ouvrage de Luciano Floridi, *Internet*, paru en 1997 chez Flammarion, dans la collection Dominos :

> *« L'histoire d'Internet commence en tant que projet expérimental dans les années 70, quand l'Advanced Research Projects Agency (*ARPA*) du département de la Défense américain crée ARPANET. Ce réseau devait permettre à plusieurs centres militaires éparpillés aux quatre coins des Etats-Unis de continuer à communiquer, et à partager des services informatiques dans l'hypothèse même où des bombes nucléaires exploseraient sur le territoire américain. »* [22]

La version la plus étonnante de cette histoire, réellement « officielle » par le prestige de son support, se trouve dans l'édition 1995 de *l'Encyclopaedia Universalis* :

> *« Internet est issu du réseau ARPANET (...), créé en 1968 par le Department of Defense pour relier ses centres de recherche. En 1979, l'idée vient à des étudiants de Duke University à Durham (Caroline du Nord), de faire correspondre des ordinateurs pour échanger des informations scientifiques. De phénomène militaire, puis universitaire, Internet devient aux Etats-Unis l'affaire des grandes entreprises privées, des PME et des particuliers. »* [23]

Le rappel obligé des origines d'Internet figure également dans la plupart des ouvrages techniques, qui fleurissent aujourd'hui dans les librairies. Nous ne citerons qu'un seul extrait, pour ne pas alourdir le propos, mais nous pourrions sans peine allonger les exemples :

---

[21] P. WADE, D. FALCAND, *Cyberplanète*, Autrement, Mutations n°176, p. 35

[22] L. FLORIDI, *Internet*, Flammarion, 1997, p. 29

[23] *Internet*, Encyclopaedia Universalis, 1995, version CD-ROM, p. 1 de l'article sur Internet

> *« L'ARPANET avait comme objectif de relier des sites de recherche militaire afin de répartir les informations entre eux et permettre ainsi la reconstruction des informations de l'ensemble des sites, si l'un d'entre eux faisait défaut ou était détruit. L'ARPANET a donné naissance, dans les années 1980, à l'Internet utilisé dans le domaine civil de la recherche aux Etats-Unis. Celui-ci d'est étendu au grand public et à l'international au début des années 90. »* [24]

1.2.3 Une confusion historique à la base du récit des origines

Par ce bref florilège de citations, nous touchons au contenu même de ce « récit des origines » d'Internet. Ici se pose, au-delà de la question du statut, de la fonction ou de la diffusion de cette histoire d'Internet, la question-clé de la validité de cette interprétation des origines.

Car il apparaît que l'historiographie naissante d'Internet, aux Etats-Unis puis en France, se soit fondée pour une bonne part sur une confusion historique, donnant lieu à une véritable fable, celle du réseau militaire indestructible.

Depuis le début de ce travail de recherche, nous n'avons cessé de prendre nos distances avec l'explication courante des origines d'Internet (produit de la guerre froide, etc.), trouvant au fil de nos recherches une accumulation d'erreurs, d'invraisemblances, de confusions dans de nombreuses versions de cette historiographie. En particulier, il nous a semblé de plus en plus patent que le fameux Rapport Baran, que l'on s'accorde souvent à placer à l'origine quasi-directe d'ARPANET, était mal évalué, sinon surestimé. Par ailleurs, le fait que les premiers sites d'ARPANET aient été des universités, des laboratoires de recherche ou des entreprises contredisait la thèse du « réseau militaire ». Mais il restait des zones d'ombre et des incertitudes, sur le devenir de ce Rapport de l'expert Paul Baran et surtout sur ses liens avec ARPANET.

Désormais, à ce stade de nos recherches et surtout depuis la lecture de l'ouvrage de Katie Hafner et Matthew Lyon (*Les Sorciers du Net*), nous sommes en mesure de passer du doute à la certitude : ARPANET n'avait rien à voir avec un réseau militaire, le Rapport Baran n'a jamais été à la source du projet (même si des liens existent) et la diffusion de cette « lecture militaire » des origines reposerait sur « des rumeurs persistantes » (selon l'expression de Hafner et Lyon).

Selon nous, l'origine et la persistance de ces rumeurs, très présentes chez de nombreux historiens, voire chez certains acteurs d'Internet eux-mêmes, seraient à chercher dans la complexité même de toute cette histoire, que l'on résumera ainsi provisoirement, avant d'y revenir en détail dans la 2ème partie :

---

[24] H. SAMIER, V. SANDOVAL, *La Recherche intelligente sur l'internet*, Hermes, 1998, p. 11

- il a bien existé un plan, un projet de mise en place d'un réseau décentralisé, censé pouvoir résister à une attaque nucléaire : il s'agit du projet défendu par un expert de la RAND Corporation au début des années 60, Paul Baran ;
- ce projet n'a jamais abouti et a été abandonné en 1965 ;
- presque à la même époque (1966-67), le projet d'interconnexion des centres de recherche informatique était lancé par l'ARPA ;
- ce projet, qui donnera naissance à ARPANET, était totalement indépendant de celui de Paul Baran, même s'il reposait sur les mêmes composants techniques.

Deux projets très similaires au plan technique (fondés sur la transmission par paquets), des acteurs communs (le Pentagone, les milieux de l'informatique, certaines entreprises), un même contexte (celui de la guerre froide dans les années 60), des liens (même ténus) entre les deux projets et leurs protagonistes : l'on peut comprendre la confusion entre les deux projets et l'erreur d'interprétation d'ARPANET qui en a suivi.

Une future « histoire de l'histoire » d'Internet aura peut-être à examiner la genèse de cette interprétation et notamment la raison pour laquelle le Rapport Baran a recueilli, plus de trente ans après son échec technique, un tel succès médiatique, au point de passer pour l'inspirateur d'ARPANET. Sans pouvoir répondre à cette question, il nous semble que le succès de cette légende des origines militaires d'Internet provient de la force de propagation du réseau lui-même, de nombreux sites se faisant l'écho de cette interprétation. Ajoutons que cette confusion historique a pu être entretenue par certains protagonistes d'ARPANET eux-mêmes, situés aux marges du réseau. En France, la diffusion de cette version semble avoir été accentuée, dès 1995, par le livre d'Arnaud Dufour, qui reprend, à son corps défendant, le travail de Hardy.

Pourtant plusieurs travaux et témoignages sont venus s'inscrire en contrepoint de cette « *légende tenace et sulfureuse* », selon l'expression de Christian Huitema[25]. A commencer par les principaux acteurs à l'origine d'ARPANET, Robert Taylor, Larry Roberts, Leonard Kleinrock, Vinton Cerf et quelques autres. Outre la plupart des travaux de recherche, qui remettent en cause cette légende de l'origine militaire, l'ouvrage très documenté de Hafner et Lyon met un point final, selon nous, à toute l'interprétation courante et encore dominante des origines du réseau.

[25] C. HUITEMA, *Et Dieu créa l'Internet...*, Eyrolles, 1995, p. 51

1.3 Une fausse neutralité idéologique et épistémologique

1.3.1 La question de l'instrumentalisation de l'histoire

L'« idéologisation » de l'histoire, *i.e.* son utilisation dans des débats politiques ou idéologiques, est aussi ancienne que l'histoire elle-même. Elle serait même, si l'on en croit certains des critiques les plus radicaux du positivisme historique, ceux du courant dit « relativiste » ou « présentiste », au fondement de l'histoire. Pour la pensée « présentiste », défendue par certains historiens anglo-saxons des années 30 et relayée en France par des penseurs comme Henri Marrou ou Paul Veyne, « *la pensée historique est une activité de l'imagination. On tend à reconstituer le passé par rapport au présent.* » [26](d'où cette appellation de « présentiste » pour signifier l'impossible objectivité de l'historien, toujours produit de son époque). « *Chaque siècle réinterprète le passé de manière que celui-ci serve à ses propres fins... Le passé est un genre d'écran sur lequel chaque génération projette sa vision de l'avenir* », nous dit C. Becker, historien américain des années 40[27].

L'instrumentalisation de l'histoire, stade avancé de « l'idéologisation » du discours historique, toujours quelque part porteur d'une certaine vision du monde (politique, religieuse, nationale...), se pose, avec une acuité peut-être encore plus grande, dans le cas d'ARPANET, compte tenu des conditions politiques particulières d'émergence du réseau (les USA, l'armée, la guerre froide) et des enjeux actuels d'Internet.

Cette instrumentalisation idéologique semble s'opérer selon deux directions opposées, correspondant aux deux attitudes que l'on peut résumer schématiquement comme celles des « partisans » ou celle des « adversaires » d'Internet.

Ainsi, dans le débat public souvent passionnel (entre « l'extase et l'effroi ») dont Internet fait l'objet en France, l'évocation des origines a pu servir d'argument critique : qu'ARPANET soit le produit de la guerre froide, des intérêts stratégiques américains, ou bien (ce qui n'est pas contradictoire) celui du rêve cybernétique, de l'utopie communicationnelle, l'interprétation des origines permet souvent de déployer tout l'argumentaire de la méfiance envers une technologie dominée par la communication à l'américaine.

---

[26] Citation de R.G. Collingwood, extraite de G. BOURDE, H. MARTIN, *Les Ecoles historiques*, Seuil, 1983, p. 210

[27] *Ibid*., p. 341

A l'inverse, chez les apologistes d'Internet, l'évocation des origines communicationnelles constitue, notamment outre-Atlantique, la principale justification du réseau des réseaux. Ainsi, pour Michael Hauben, ce sont les visions prophétiques d'un monde de la communication par réseau, élaborées par Licklider au début des années 60, qui forment la trame d'Internet et des « netizens » (« *The world of the Netizen was envisioned more than twenty-five years ago by J.C.R. Licklider*. »[28]). Ce néologisme, forgé par Michael Hauben, désigne les membres de cet univers communicationnel, dont il donne la définition suivante, représentative de « l'idéologie communicationnelle » d'Internet :

> *« Welcome to the 21st Century. You are a Netizen (a Net Citizen), and you exist as a citizen of the world thanks to the global connectivity that the Net makes possible. You consider everyone as your compatriot. You physically live in one country but you are in contact with much of the world via the global computer network. Virtually, you live next door to every other single Netizen in the world. Geographical separation is replaced by existence in the same virtual space. »* [29]

Il est important de noter que cette question des diverses interprétations possibles de l'histoire d'Internet alimente de nombreux débats outre-Atlantique. Ainsi, Geof Bowker, commentant le travail de Juan Rogers sur les histoires courantes, colportées dans la presse grand-public - aussi bien l'idée d'une « force démocratique révolutionnaire » que celle du « bras du complexe militaro-industriel » -, s'interroge sur la fonction de ces récits. Et il note avec justesse que l'une de leurs fonctions est de légitimer les actions présentes et futures des acteurs d'Internet :

> *« In the process, these stories encapsulate a politics of the present. They define a trajectory that motivates current actors and drives them into future actions.* ***They show us not the way it was, but which way the stream is flowing now*** *»* [30]*(c'est nous qui soulignons).*

Notons que cette remarque, à laquelle nous souscrivons, a de fortes résonances avec le courant « présentiste » des historiens américains, puisqu'elle insiste sur les processus, presque inévitables, « d'instrumentalisation » des histoires d'Internet, au service des acteurs actuels.

1.3.2 La question de la virginité épistémologique

« *Tout « point de vue » repose sur des présupposés* », rappelle avec raison Gérard Noiriel[31]. Et l'explicitation des dits présupposés constitue le passage obligé pour tout travail de recherche.

---

[28] M. et R. HAUBEN, *Netizens : On the History and Impact of Usenet and the Internet*, IEEE Computer Society Press, 1997, p. 5

[29] *Ibid*., p. 3

[30] G. BOWKER, *Thoughts on the history of the Internet..., art. cit*., p. 3

[31] G. NOIRIEL, *Sur la "crise" de l'histoire*, Belin, 1996, p. 194

Cette question de *l'épistémé*, *i.e.* des présupposés, des modèles théoriques qui structurent le regard et la perception du réel, déterminent une vision du monde à un moment donné et dans un contexte donné, a suscité, dans le champ de l'histoire, de vifs débats et de profondes remises en cause, au point de provoquer une « crise » de l'histoire, dont Gérard Noiriel s'est fait le brillant analyste.

Concernant l'état des lieux des histoires actuelles d'Internet, de quels présupposés (explicites ou implicites) sont-elles porteuses ? Quelles conceptions du monde, des rapports entre techniques et société, des processus d'innovation, de l'histoire affleurent dans les travaux des historiens d'Internet ou dans les histoires diffusées auprès du grand-public ?

Ce qui frappe le plus, à la lecture de cette historiographie naissante, c'est précisément l'illusion de la « virginité épistémologique », ou en d'autres termes, un certain aveuglement sur ses présupposés, que l'on trouve notamment chez beaucoup d'historiens américains et, *a fortiori*, dans les versions grand-public françaises.

En fait, cette historiographie nous paraît souvent (pour la partie que nous connaissons, bien entendu) imprégnée de deux illusions, parmi les plus classiques en histoire :

- celle de la croyance, de type positiviste, dans « l'objectivité » des faits, des chronologies, des dates ; d'où la vogue des « histoires d'Internet », présentes sur le WWW, qui se contentent d'être de simples chronologies, de purs rappels de dates et de faits, pas toujours vérifiés au demeurant. Les travaux américains consultés, en dépit de leur qualité et de leur richesse d'informations, nous paraissent assez représentatifs de cette illusion de « virginité épistémologique », autre figure de l'empirisme le plus classique.

Si nous sommes loin de connaître tous les travaux de nos collègues américains, nous ne pensons pas déformer les choses en pointant le fait que la plupart des histoires actuelles d'Internet ne (se) posent pratiquement jamais la question de leurs présupposés théoriques ou épistémologiques, et se présentent comme de simples « récits » prétendument objectifs. La question de la sélection des faits et des événements retracés n'est, par exemple, jamais évoquée.

- la deuxième illusion, plus pernicieuse, concerne le primat donné à la recherche des causalités : il s'agit toujours, dans la plupart des histoires actuelles d'Internet, de trouver à tout prix une « cause », une « origine » dominante sinon unique. Et les explications courantes de la naissance d'Internet nous paraissent empreintes d'une conception classiquement causale de l'histoire, selon laquelle les objets ou les innovations socio-techniques, comme les événements d'une autre nature (politique, économique...) restent déterminés par un principe quasi-unique de causalité : ici l'idéologie ou le discours, là les intérêts stratégiques, ailleurs l'économie ou la « technique » elle-même, ou le jeu des forces sociales. Une vision mécaniste et linéaire de l'histoire domine

cette recherche très traditionnelle des causes et traverse la majeure partie de l'historiographie d'Internet. Nous reviendrons plus loin sur cette question de la causalité.

Mais « l'illusion épistémologique » dans l'historiographie d'Internet ne concerne pas seulement l'histoire et le dévoilement des présupposés proprement historiques. Une histoire d'Internet ne peut pas ne pas (se) poser, en filigrane ou explicitement, la question centrale et incontournable de la pensée des techniques et des innovations. Autrement dit, la question épistémologique, sans cesse remise sur le métier et au fondement de toute recherche sur Internet, déborde le seul cadre de l'histoire pour toucher à celui de la philosophie et de la sociologie des techniques, notamment à travers l'interrogation suivante : sur quelles conceptions préalables des techniques et des innovations s'appuient les diverses approches ou lectures historiques d'Internet ? Là encore, constatons l'absence fréquente de ce type d'interrogations, sauf dans les travaux de King, Grinter et Pickering[32], qui se revendiquent implicitement du modèle de « l'objet-frontière », comme modèle de l'innovation.

Concernant les autres travaux universitaires, que nous avons évoqués précédemment, Geof Bowker formule en définitive un constat assez voisin du nôtre, lorsqu'il reproche aux trois auteurs, dont il commente les communications, une certaine « faiblesse théorique » dans leur histoire d'Internet :

> *« One thing common to all three papers - and indeed to much writing about the history of computing - is that they do not deal with any wider literature. »*

Et après leur avoir conseillé de s'appuyer sur différentes ressources théoriques de l'histoire et de la sociologie des techniques, notamment les modèles de la construction mutuelle des organisations et de la technologie ainsi que la sociologie de Latour, il justifie en ces termes cette nécessité théorique :

> *« Do you need to draw on this kind of theoretical resources - viz one that poses basic ontological and epistemological questions - in order to understand the history of the Internet ? I suspect so : precisely because we are dealing with an information infrastructure. »* [33]

Nous arrivons là peut-être au coeur de la question fondamentale de toute histoire d'Internet : quel type d'histoire pouvons-nous convoquer ou écrire pour un type d'objet comme Internet ?

Autrement dit, avec quelles ressources théoriques, à partir de quel modèle de l'innovation entreprendre l'histoire d'un vaste système, d'une « infrastructure informationnelle », pour reprendre l'expression de Bowker ?

---

[32] J. KING, R. GRINTER, J. PICKERING, Grandeur et décadence d'ARPANET. la saga de Netville, cité champignon du cyberspace, *Réseaux*, n° 77, mai-juin 1996, p. 9-35

[33] G. BOWKER, *Thoughts on the history of the Internet..., art. cit.*, p. 3

1.4 La « matière » d'Internet

« *L'histoire (n'étant qu'une) certaine manière pour une société de donner statut et élaboration à une masse documentaire dont elle ne se sépare pas* », [34] sur quelle « masse documentaire » se construit l'histoire d'Internet ? Sur quoi et de quoi est constituée cette historiographie, dont nous avons tenté de cerner les contours ? Après avoir évoqué les recherches historiques actuelles et avant de présenter notre propre corpus, il convient maintenant de remonter aux sources, à la « matière » même de cette histoire.

1.4.1 Abondance des sources

Si l'on considère l'ensemble des traces et des sources de l'histoire d'Internet, l'on est frappé par l'abondance, la richesse, la diversité, la prolifération des matériaux. Archives des organisations impliquées dans le projet ARPANET, textes et articles du champ de l'informatique des années 60, rapports et documents techniques, etc. : l'un des problèmes les plus épineux pour tout historien d'Internet est le même que celui qui se pose aujourd'hui à toute personne faisant une recherche d'information sur le web, à savoir le trop-plein, le « déluge informationnel » et les difficultés de sélection et de traitement de l'information qui en découlent.

D'une manière plus générale, se retrouve ici l'un des problèmes les plus aigus des historiens du temps présent : celui de l'encombrement des archives, de l'engorgement documentaire.

Matière documentaire d'autant plus foisonnante si, comme nous nous le proposons, l'on ajoute au vaste ensemble des documents d'époque, toutes natures confondues, les documents récents ou actuels constitués des témoignages et interviews des acteurs. Choix sans doute contestable, mais comment caractériser autrement les témoignages directs des protagonistes ? Ils constituent aussi la matière d'une histoire toujours en cours, même s'ils ne sont pas de même nature que les documents originaux.

Avant de présenter ce vaste ensemble documentaire, il n'est pas inutile de s'interroger au préalable sur les raisons d'une telle abondance de traces, concernant la naissance d'Internet. Sans approfondir cette question complexe, il nous semble que l'on peut évoquer au moins trois explications à ce mini-phénomène « d'explosion documentaire », qui souligneront la spécificité de cette innovation technique majeure.

---

[34] M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, Gallimard, 1969, p. 14

Tout d'abord, la multiplicité des acteurs concernés : l'on sait à quel point l'émergence d'ARPANET a été un phénomène éminemment collectif, mettant en jeu un très grand nombre d'acteurs individuels, d'entreprises, d'organisations, d'universités, multipliant *de facto* les traces des innombrables opérations et actions menées.

Rapports techniques des entreprises, notes et documents de l'ARPA, des universités, articles des chercheurs, documents des groupes techniques d'ARPANET, etc. : plus que pour toute autre innovation, le caractère collectif, social, de la naissance d'ARPANET s'incarne et se matérialise dans une mémoire documentaire proliférante, issue de sources multiples et hétérogènes. Notons également qu'une bonne partie de ces documents sont accessibles sur le réseau.

D'où une deuxième raison à cette abondance documentaire : la nature informationnelle d'Internet. Toute innovation technique suscite et, en retour, repose sur des traces écrites de toutes sortes. Pas de science ni de technique sans instruments ni sans traces, comme l'ont bien montré les sociologues de l'Ecole des Mines. Cette caractéristique fondamentale des inventions techniques n'est-elle pas exacerbée, lorsqu'il s'agit d'une innovation concernant un système informationnel global, comme Internet ? Autrement dit, ARPANET et à sa suite Internet étant avant tout des espaces communicationnels et informationnels, des machines à produire et échanger de l'information, cette donnée essentielle, qui distingue cette innovation majeure de toute autre, n'explique-t-elle pas également cette explosion des traces accompagnant son histoire ?

Il ne s'agit pas ici des documents proprement techniques qui précédent et préparent immédiatement l'innovation (plans, rapports, notes) et qui, dans le cas d'ARPANET, paraissent d'un volume « normal », sans doute inférieur aux montagnes de documents techniques générées par les premières fusées de la NASA.

Nous voulons parler surtout des documents et des traces produits par « l'objet technique » lui-même, une fois en état de fonctionner : ARPANET, réseau de communication, est aussi un support, un producteur d'information. Pensons au courrier électronique, à la documentation technique placée sur le réseau. Dès l'origine, ARPANET suscite son propre univers informationnel, sa propre mémoire, comme tous les nouveaux médias pourrait-on dire.

Mais qu'est-ce qui différencie cette « production » du réseau de celle d'autres médias plus ou moins comparables ? Par exemple des premiers journaux, des premières images de la télévision, des premières émissions radiophoniques (dans la mesure où ces traces ont pu être conservées, contrairement aux premiers messages échangés sur le télégraphe optique ou électrique) ?

Au-delà de la différence de support, deux points distinguent peut-être cette « mémoire » interne d'ARPANET de celle des autres médias :

- il s'agit d'une « mémoire ouverte » : les traces accumulées au fil des ans, depuis 1969, restent, pour beaucoup d'entre elles, ouvertes, accessibles à tous par le web. Se retrouve ainsi, dans la « matière historique » d'Internet, le caractère ouvert, « transparent » du réseau. Certes, cette disponibilité, cette accessibilité des archives se retrouvent dans d'autres médias, mais sûrement pas à un tel degré.
- et surtout cette mémoire du réseau, à la différence des premières traces des autres médias, est à l'image du réseau lui-même : auto-référentielle. Si les premières images télévisuelles portaient rarement sur le média lui-même et leurs conditions de production, la situation est toute autre avec ARPANET. Le meilleur exemple est donné par les RFC (*Request For Comments*), documentation interne propre à ARPANET, ouverte aux acteurs du réseau et rassemblant les diverses améliorations techniques à apporter ; de même, il est connu que les messages, les fichiers, les documents échangés entre les chercheurs portaient également sur le réseau.

Le réseau parle au réseau, du réseau et sur le réseau, pourrait-on résumer, pour illustrer la nature auto-référentielle des archives et des traces d'ARPANET.

Cette nature historiquement auto-référentielle des traces du réseau s'est prolongée dans l'historiographie actuelle, comme nous l'avons vu.

Enfin nous pouvons invoquer un troisième type d'explications à cette abondance documentaire, de nature plus culturelles ou / et politiques.

D'une part, la constitution, l'organisation, la circulation, la mise à disposition de cette masse documentaire, concernant la naissance et le développement d'Internet, sont autant de signes de la politique délibérée de maîtrise de l'information des autorités américaines, qu'elles soient politiques, économiques ou scientifiques. Rappelons que la prise de conscience de la valeur stratégique de l'information, notamment spécialisée, scientifique et technique, qui s'empare des dirigeants américains, date du début des années 60. Elle s'est traduite entre autres par la mise en place d'une véritable politique de l'information, dont les banques de données, les premiers serveurs, les institutions consacrées à l'IST et ARPANET sont autant de résultats, directs ou indirects. ARPANET étant né sous le signe de la transparence et de la circulation sans entraves de l'information, il est dès lors naturel que l'information qui lui est propre soit organisée et largement accessible.

D'autre part, il faudrait s'interroger sur le lien, paradoxal, entre cette « culture de l'information », largement développée aux Etats-Unis et ce que l'on pourrait appeler la « quête des origines », ou le souci de l'histoire, propre à tout pays mais qui revêt un caractère particulier dans ce pays en manque de racines.

L'informatique et les réseaux constituent une part centrale de l'histoire récente des Etats-Unis, et l'organisation d'une « politique patrimoniale » à leur égard devient une composante majeure de cette quête des origines. De même peut-on invoquer ce besoin de mémoire, de conservation des traces, pour expliquer la multiplication des témoignages et des textes en tous genres, produits par les acteurs d'Internet eux-mêmes.

Multiplicité des acteurs, facilités techniques d'un système informationnel inédit, souci de mémoire, politique de l'information : autant de raisons pouvant rendre compte de l'abondance des matériaux, accessibles aux historiens présents et à venir d'Internet.

1.4.2 Les deux composantes du corpus historique

Si l'on examine la composition de cette riche « matière » d'Internet, quelles sont les lignes de force ? Il nous semble possible de distinguer schématiquement deux sous-ensembles documentaires, correspondant à deux moments différents de la jeune histoire d'Internet :

- d'une part, les documents d'origine, *i.e.* les véritables « traces » de l'innovation, à la fois produits, symboles, témoins du processus d'émergence ;
- d'autre part, ce que nous appellerons la « mémoire organisée », *i.e.* les efforts entrepris depuis plusieurs années par différents acteurs pour constituer la mémoire d'Internet.

Quels sont les principaux éléments à retenir de ces deux catégories ?

1.4.2.1 Les traces de l'innovation

Ensemble documentaire immense, protéiforme et presque impossible à délimiter, si l'on considère ARPANET comme le fruit de facteurs, de réseaux et de « lignées » très hétérogènes, de quoi, *grosso modo*, se composent ces traces de l'émergence du premier réseau ? Essayons de faire le tri.

1.4.2.1.1 Les textes scientifiques

On trouvera d'abord dans cette masse documentaire les articles et les textes scientifiques, sur la cybernétique, l'informatique interactive, l'hypertexte, le *time-sharing*, les interfaces hommes-machines, les communautés virtuelles, l'intelligence artificielle, les réseaux.

Impossible recensement de cette littérature scientifique foisonnante et diversifiée, et pourtant passage obligé pour toute compréhension de l'émergence d'Internet : les textes de Vannevar Bush[35], Joseph Licklider[36], Douglas Engelbart[37], John McCarthy, Paul Baran, Robert Fano... et

[35] L'incontournable « *As We May Think* », paru en 1945

les autres, restent, non seulement d'éventuelles sources de réflexion toujours féconde et actuelle (notamment ceux de Bush, Licklider et Engelbart), mais ils constituent surtout des « clés » incontournables pour saisir les idées, les projets, les rêves aussi, des pionniers d'ARPANET.

Ces textes « fondateurs » ne représentent pas seulement une bonne part des sources d'inspiration des acteurs d'ARPANET : ils représentent aussi, selon Latour et Callon, des « attracteurs », des actants du processus d'innovation, appelés à faire partie, avec d'autres forces, d'un réseau socio-technique. Il serait donc réducteur de confiner ces textes au rôle qui leur est souvent dévolu : celui de source d'inspiration et d'influence, de cadre intellectuel, voire de cause première des avancées techniques. Un article scientifique, un ouvrage, un rapport de recherche sont autant d'actants de l'innovation, de « dispositifs d'intéressement » pour reprendre la terminologie de la sociologie de la traduction, sur laquelle nous reviendrons. Ces textes, publiés dans des revues, des actes de congrès, des rapports de recherche, sont d'une relative accessibilité. Certains ont fait l'objet d'une publication sur le web, qui leur donne ainsi une seconde vie[38]. Pour notre travail, plusieurs de ces textes ont constitué une part essentielle de notre corpus de recherche (voir plus loin).

1.4.2.1.2 Les documents techniques

Les documents et traces techniques qui précèdent et accompagnent la naissance d'ARPANET sont évidemment multiples, hétérogènes, impossibles à recenser, difficiles à identifier et parfois à trouver, du moins si l'on n'est pas sur place.

On peut y distinguer deux types de documents :

- les documents internes aux entreprises et aux organisations d'ARPANET ;
- les documents communs à tous les acteurs

Parmi les premiers, figurent par exemple les archives de l'entreprise Bolt Beranek & Newman, qui construisit l'infrastructure du réseau, celles de la RAND Corporation, de l'ARPA, des universités, etc. Documentation là encore très diversifiée et surtout éclatée en de multiples lieux. Certains chercheurs américains en proposent heureusement de précieuses bibliographies[39].

Pour notre part, nous n'avons pu avoir accès à cette documentation technique « d'origine », propre aux divers acteurs.

---

[36] Notamment « *Man-Computer Symbiosis* », publié en 1960

[37] *Augmenting Human Intellect : A Conceptual Framework*, publié en 1962

[38] Voir dans la bibliographie les adresses de quelques uns de ces textes, que nous avons pu obtenir par le réseau

[39] Voir notamment celle de Hafner et Lyon

En revanche, ARPANET ayant été conçu pour partager l'information entre chercheurs, les pionniers du réseau ont utilisé celui-ci pour y « stocker » toute une documentation technique, connue sous le nom des RFC (*Request For Comments*), déjà évoqué. Cette première documentation technique, collective, servant à la fois de support d'expression et de norme constituée, consigne les premières « normes » du réseau et contient une information de première main sur les acteurs, les problèmes posés, les débats, etc. Toute cette documentation propre au réseau a été très tôt organisée, comme nous le verrons, et se trouve disponible aujourd'hui sur le WWW à de nombreuses adresses[40].

Prolifération, abondance de la documentation technique propre à ARPANET et Internet : hormis la question de l'accès (sûrement possible) aux archives des entreprises, le principal problème posé aux chercheurs est sans aucun doute celui de l'exploitation, de l'interprétation de cette masse documentaire.

1.4.2.1.3 La presse et les divers textes de l'époque

Troisième source possible permettant de retrouver les traces de l'émergence d'ARPANET : la presse américaine et divers textes politiques, ou sociologiques, publiés dans les années 50 et 60. Là encore, continent documentaire immense, insaisissable. On en trouvera quelques références pertinentes dans les bibliographies des ouvrages des chercheurs, cités plus loin. Reconnaissons pour notre part que c'est un domaine que nous avons très peu exploré.

1.4.2.2 La mémoire organisée

La deuxième grande composante de cette « matière » d'Internet recouvre, selon nous, toute la documentation postérieure à la naissance d'ARPANET, élaborée volontairement dans le but de conserver et de témoigner de ce moment fort de l'innovation technique. Nous ne sommes plus ici dans le domaine des traces du processus d'émergence d'ARPANET, ni encore dans celui de son histoire, mais plutôt dans cette zone intermédiaire, grise, de la mémoire et du patrimoine.

Que mettons-nous dans cet ensemble ? Archives élaborées, témoignages, interviews, pages personnelles, rapports de synthèse, chronologies, compilations de données, sites web, archives électroniques : les formes, les sources et les fonctions de cette « mémoire d'Internet » sont là aussi très diverses. Plusieurs typologies sont possibles et nous proposons de distinguer, schématiquement, deux parties dans cette « mémoire » de l'émergence :

---

[40] Voir par exemple : http://www.rfc-editor.org/index.html, ou bien le site de l'ISI http://www.isi.edu, ou encore celui de l'Université de l'Ohio http://www.cis.ohio-state, etc.

- d'une part, les documents « institutionnels », élaborés par les organisations membres d'ARPANET, soucieuses de (se) constituer (leur) une mémoire à la hauteur de l'événement ;
- d'autre part les témoignages individuels des acteurs, soit sous forme d'entretiens, soit de textes ou sites personnels.

Dans le premier groupe, on peut trouver quelques unes des premières « histoires » d'ARPANET, élaborées par les organisations impliquées. Ainsi l'ARPA a-t-elle fait réaliser, dès 1975, une première histoire de l'agence, confiée sur contrat à la Richard Barber Associates, intitulée « *The Advanced Research Projects Agency : 1958-1974* » (citée par Hafner et Lyon[41]). Il existe également un autre document important, cité par les chercheurs américains Michael et Ronda Hauben[42], publié conjointement par l'ARPA et BBN en 1978 et écrit par des acteurs d'ARPANET, « *ARPANET, Completion Report »*[43]. La liste n'est bien sûr pas exhaustive mais on peut observer que le souci d'histoire et de mémoire des organisations d'ARPANET ne date pas d'aujourd'hui.

Enfin, le deuxième groupe de documents se compose d'un ensemble en pleine croissance, celui des témoignages des acteurs eux-mêmes. On ne compte plus les pages personnelles sur le web des différents protagonistes d'ARPANET, les interviews dans la presse, etc.[44]. Sources intéressantes d'information provenant des principaux acteurs eux-mêmes, ces témoignages sont néanmoins de valeur inégale et certains sites sont à prendre avec précaution, car ils se présentent parfois comme des mises en scène publicitaire ou des documents d'auto-célébration.

D'un tout autre intérêt sont les documents proposés par le *Charles Babbage Institute*, déjà évoqué. Ici s'exprime avec force ce souci américain de se constituer une mémoire de ce pan entier de l'histoire des Etats-Unis qu'est devenue l'informatique. Créé en 1980 par le soutien conjoint de la *Charles Babbage Foundation*, de *l'University Institute of Technology* du Minnesota et des *University Libraries*, le *Charles Babbage Institute*, établi à l'Université du Minnesota, est un centre de recherche unique en son genre, consacré exclusivement, comme son

---

[41] K. HAFNER, M. LYON, *Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet, op. cit.*, Voir la bibliographie p. 340

[42] M. et R. HAUBEN, *Netizens : On the History and Impact of Usenet and the Internet*, IEEE Computer Society Press, 1997

[43] F. HEART, A. MCKENZIE, J. McQUILLAN, D. WALDEN, *ARPANET, Completion Report*, Washington, BBN, ARPA, 1978

[44] Citons dans ce domaine quelques sites que nous avons consultés et utilisés pour notre propre recherche :
- le site de Leonard Kleinrock, accessible sur le WWW (<http://millennium.cs.ucla.edu/>)
- celui de Douglas Engelbart
- la page personnelle de Larry Roberts (http://www.ziplink.net/~lroberts/
- le site de John McCarthy (http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/timesharing/)

nom l'indique, à l'histoire de l'informatique et de son impact social[45]. Véritable lieu de mémoire des technologies électroniques et informatiques, le CBI est devenu, par la richesse de ses collections et l'ampleur du travail mené, l'une des principales sources historiques américaines sur l'informatique. Outre une importante bibliothèque spécialisée, une vidéothèque de plus de 110 000 images et de 600 films, une activité éditoriale, la tenue de colloques annuels, des actions de recherche et d'enseignement, le CBI a mené surtout un impressionnant travail de collecte historique, en réalisant quelques 300 interviews des acteurs de l'informatique américaine depuis 1935, constituant ainsi un fonds documentaire d'une inestimable valeur.

Une bonne part de l'activité de recherche du CBI, dans ce travail de collecte des témoignages, porte sur le rôle de l'ARPA/IPTO dans le financement de la recherche informatique américaine, ou sur la constitution des premières firmes informatiques. Concernant spécifiquement l'émergence d'ARPANET, l'enregistrement et la diffusion, sous version papier ou électronique, des entretiens menés avec plusieurs dizaines de personnes impliquées de près ou de loin dans cette histoire, représentent l'une des sources les plus essentielles pour tout travail de recherche historique. Car à la différence des pages personnelles d'auto-promotion ou des brèves interviews menées par des internautes ou des journalistes pressés, il s'agit ici d'entretiens de longue durée, conduits par des chercheurs spécialistes de l'histoire de l'informatique (William Aspray, Artur Norberg, Judy O'Neill), dans lesquels le souci du détail le dispute à la vérification soigneuse des témoignages, à la confrontation régulière de tous les propos des personnes interrogées. Avec ce type de documents, nous quittons déjà le domaine de la « mémoire organisée » et de la célébration pour entrer, enfin, dans celui d'une intelligibilité historique, d'un début de mise en perspective.

[45] Voici les coordonnées du CBI : Charles Babbage Institute. University of Minnesota. 103 Walter Library 117 Pleasant Street Southeast. Minneapolis, MN 55455. Mel : CBI@tc.umn.edu. URL : http://www.cbi.umn.edu/.

2. QUEL PROJET ? UNE HISTOIRE PROCESSUELLE DE L'EMERGENCE D'ARPANET

Notre projet de recherche vise l'exploration socio-historique du processus d'émergence d'ARPANET. Avant d'en exposer les hypothèses, la démarche et le corpus, nous tâcherons dans un premier temps de cerner les caractéristiques de ce processus d'innovation, *i.e.* l'objet même de notre travail.

2.1 Un processus d'émergence particulièrement complexe

Qu'est-ce qui caractérise l'émergence de ce nouveau type de réseau et quelles sont les principales difficultés qui se présentent devant tout travail historique sur ARPANET ?

Trois aspects essentiels, selon nous, résument à la fois les spécificités de ce processus et les difficultés de son exploration : la nature hybride d'ARPANET, la multiplicité des composants de son émergence, la longue durée et l'entrecroisement de ses différentes « lignées ».
Autrement dit, il s'agit de répondre à ces trois questions préalables : qu'est-ce au juste qu'ARPANET ? De quoi et avec qui est-il composé ? Comment dater son apparition ?

2.1.1 Comment définir la nature hybride d'ARPANET ?

La question de la définition d'ARPANET et, au-delà de son successeur Internet, est centrale. Elle est au coeur aujourd'hui des nombreux débats et controverses qui entourent l'essor du réseau des réseaux.
Nouvel espace de communication ou vecteur d'une nouvelle culture pour certains, moyen d'information particulièrement performant pour d'autres, média global ou au contraire simple outil d'expression, la qualification d'Internet est loin d'être établie et de susciter le consensus, preuve s'il en est, que son développement n'en est qu'à ses débuts.
Nous n'entrerons pas ici dans ces débats actuels, souvent liés à des positions quasi « idéologiques » sur Internet. Mais force est de constater que cette question récurrente de la nature même d'Internet se pose également pour quiconque entend en étudier l'histoire ; et que l'histoire qui peut en être faite sera sensiblement différente selon la réponse apportée.

Qu'est-ce qui apparaît en 1969, avec ce premier réseau informatique ? Un nouvel objet technique, auquel pourrait s'assimiler ce nouveau réseau de transmission ? ARPANET se situe-t-il d'abord et avant tout dans la lignée du télégraphe et du téléphone et plus généralement dans la longue histoire des moyens de communication à distance ? Ou bien un nouveau média, vecteur et diffuseur d'information, se constituant peu à peu son public spécifique, ses usages (définition qui n'est pas contradictoire avec la première) ? Ou encore un nouvel espace communicationnel, induisant une culture inédite, redéfinissant et créant de nouveaux modes de partage et d'échange de l'information ? Ces trois définitions, ou ces trois identités attribuées aujourd'hui à Internet, ne sont pas exclusives l'une de l'autre, mais elles mettent chacune l'accent sur une dimension particulière, induisant par là-même des perceptions différentes de son histoire.

Considérer Internet et son ancêtre ARPANET comme une nouvelle forme d'objet technique avant toute chose, pouvant se définir comme un réseau d'ordinateurs fondé sur la transmission par paquets, est assurément une définition juste, mais réductrice. Cette perception est souvent à la base de « l'histoire médiatique » de la naissance d'ARPANET (avec la thèse du réseau décentralisé et indestructible). Mais en rabattant ARPANET sur sa seule dimension technique de premier réseau de transmission par paquets, on occulte ou on minimise les autres dimensions (culturelle, sociale, politique) et l'imbrication des facteurs techniques et sociaux, qui ont présidé à son émergence.

A l'inverse, considérer surtout la dimension « communicationnelle » d'ARPANET revient parfois à faire fi de ses aspects techniques essentiels.

Pour notre part, il nous semble que, pour sortir de cette difficulté à définir avec précision la nature d'ARPANET, il faut accepter l'hybridité de cet étrange « objet », système de communication à la fois et d'emblée technique, social, culturel, etc.. Mais ce constat n'est pas suffisant.

Une notion peut s'avèrer ici particulièrement féconde pour donner une définition satisfaisante d'ARPANET et, au-delà, d'Internet : la notion « **d'infrastructure informationnelle** ». Définie par les sociologues américains Susan Leigh Star et Karen Ruhleder[1] et reprise par Geoffrey Bowker, cette notion désigne les systèmes ou les espaces d'information de grande ampleur.

Selon Star et Ruhleder, une infrastructure informationnelle présente **cinq grandes caractéristiques**, que nous emprunterons ici à Geof Bowker et dont nous verrons rapidement si elles s'appliquent à ARPANET et Internet :

---

[1] S. STAR, K. RUHLEDER, Steps toward an Ecology of Infrastructure : Design and Access for Large Information Spaces , *Information Systems Research*, 1996, vol. 7 : 1, 111-134

- **une infrastructure informationnelle est inscrite « *dans un système enchevêtré et distribué d'autres structures* »**[2] : elle n'existe pas de manière autonome mais se trouve fortement articulée à d'autres secteurs par toutes sortes de points. Ainsi ARPANET est-il enchâssé au sein de réseaux plus larges, d'un entremêlement de relations entre des acteurs et des mondes différents, notamment représentés par les trois pôles du Pentagone, des universités et des entreprises. Quant à Internet, le réseau des réseaux est articulé à tant de multiplicités de structures et d'univers différents que son identité s'en trouve quelque peu dissoute.
- **elle est transparente,** *i.e.* invisible aux usagers, le support s'effaçant derrière ses usages, ses applications. Si c'est pratiquement le cas avec Internet, dont l'existence même (la réalité technique des réseaux d'ordinateurs) passe au second plan derrière les applications, cette caractéristique s'applique moins bien à ARPANET, où les problèmes techniques de transmission, de connexion, les normes d'échange des données, etc.., ont été longtemps au centre des préoccupations des pionniers du réseau.
- **cette infrastructure informationnelle doit être « *étendue et transversale* »** : si ARPANET est un réseau national reliant rapidement plusieurs dizaines de sites, cette caractéristique s'applique incontestablement à Internet, réseau de réseaux au plan international et affectant toutes les sphères d'activités.
- **« *elle a une dimension essentiellement collective* »** : nous verrons à quel point la naissance d'ARPANET a été une aventure collective de part en part.
- **« *enfin elle repose sur un ensemble de conventions et pratiques concrètes* »** : protocoles de communication entre ordinateurs, règles de production et d'échange des informations (avec les RFC, le courrier électronique), normes techniques diverses, la question des normes est au coeur du développement d'ARPANET et d'Internet.

Ainsi ARPANET et plus encore Internet nous paraissent relever à tous points de vue de cette notion d'infrastructure informationnelle, dont ils possèdent (presque) toutes les propriétés. Si le terme d'infrastructure paraît suffisamment large pour rendre compte de l'étendue, de la complexité et de l'hybridité de ces réseaux, le qualificatif d'informationnel permet d'en préciser la véritable nature.

---

[2] G. BOWKER, J.M. NOYER (Trad.), L'Histoire des infrastructures informationnelles, *Solaris* [en ligne], n° 4, décembre 1997

2.1.2 Multiplicité, hétérogénéité des composants du processus d'émergence

La deuxième difficulté à se présenter devant tout projet d'exploration de l'émergence d'ARPANET tient à la multiplicité des composants, des acteurs, des « boîtes noires », etc..
Multiplicité des acteurs humains tout d'abord : ARPANET a été une aventure collective mobilisant, dès le début, plusieurs dizaines de personnes réparties en différentes équipes, pour la connexion des quatre premiers sites à l'automne 1969 : chercheurs et étudiants informaticiens des quatre universités retenues (UCLA, SRI, UCSB et Utah), équipe des ingénieurs de l'entreprise BBN, administrateurs de l'ARPA/IPTO, équipe de contrôle de l'entreprise NAC, ingénieurs et techniciens de Honeywell Bull, de la RAND Corporation, et derrière eux, la communauté, certes encore restreinte, des informaticiens et chercheurs de la quinzaine de sites devant être connectés par la suite. Au total, il est difficile d'évaluer avec précision le nombre de personnes impliquées dans la mise en place d'ARPANET entre 1968 et 1970, ce nombre augmentant très vite au fur et à mesure des « effets de système » du réseau ; mais on peut tabler sur une estimation minimale d'une centaine de personnes, ayant joué un rôle plus ou moins important dans la création du réseau. En soi, le nombre d'individus impliqués dans un projet d'innovation technique ne représente rien. Ce qui compte en revanche, c'est la diversité des réseaux socio-techniques, des organisations, qui s'exprime à travers toutes ces personnes, chaque organisation étant porteuse d'une tâche précise, mais aussi d'une histoire, d'intérêts, de projets, voire de valeurs différents. Vouloir rendre compte de l'émergence d'ARPANET implique donc d'identifier et de suivre, avec le plus de précision possible, cette constellation d'équipes et d'organisations parties prenantes du projet.

Mais cette multiplicité des acteurs humains se double de celle des entités « non-humaines » : artefacts, textes, objets techniques, « intermédiaires » de toutes sortes, inévitablement proliférants dans une innovation d'une telle ampleur. Il est intéressant de noter, par exemple, que les quatre universités reliées à ARPANET utilisaient des ordinateurs tous différents et incompatibles. Chacun des points connectés à ARPANET en 1969-70 constitue déjà un réseau à lui seul, qu'il faudrait aussi décrire. Nous avons donc affaire, dès la naissance d'ARPANET, à une infrastructure informationnelle d'assez grande taille, reliant assez vite l'essentiel des laboratoires et des hauts-lieux de l'informatique américaine des années 60, sous la houlette des administrateurs de l'ARPA.
Même si cette description ne saurait, malheureusement, être égale pour la totalité de ces acteurs (humains, organisationnels) et intermédiaires - nous nous limiterons, en ce qui nous concerne,

aux cinq ou six premiers sites connectés et à leurs équipes - il est essentiel de garder constamment à l'esprit cette hétérogénéité, que nous qualifierons « d'horizontale », pour témoigner de la rapide étendue du réseau et pour la distinguer de la diversité « verticale », ou temporelle, des lignées d'ARPANET.

2.1.3 Longueur des processus, diversité des lignées, différenciation des temporalités

La troisième grande caractéristique et, par là-même la troisième difficulté, concerne la diversité, l'enchevêtrement des « lignées » constitutives d'ARPANET, leur temporalité différenciée et surtout la longueur du processus d'émergence.

Le problème peut d'abord se poser en termes simples : de quand dater la « naissance » d'ARPANET ? La communauté des internautes et des pionniers de l'Internet semble retenir la date du 1er septembre 1969, jour de la connexion du premier IMP[3] (sorte de « coeur de réseau ») à l'ordinateur de UCLA, ou celle du 21 novembre 1969, lorsque le premier message fut envoyé de UCLA au SRI. On pourrait tout aussi bien retenir celle d'avril 1967, date de la réunion des chercheurs de l'ARPA au cours de laquelle fut présentée pour la première fois le projet de réseau. Mais « l'origine » d'ARPANET ne pourrait-elle également être située en février 1966, lorsque Robert Taylor, Directeur de l'IPTO, obtint un million de dollars de son supérieur de l'ARPA, pour réaliser son projet de réseau ?

Problème de datation, aussi récurrent qu'irritant dans l'histoire des innovations, problème de la « quête des origines » qui hante toute l'histoire des techniques, mystique de la date de naissance, autour de laquelle peut s'organiser la mémoire et se célébrer les anniversaires de légitimation : le problème n'est pas nouveau.

Pour notre part, non seulement nous ne chercherons pas la date de naissance d'ARPANET, mais l'essentiel de notre propos vise au contraire à montrer l'inanité d'une telle recherche d'un point de départ unique, en préférant une remontée aux innombrables sources, qui ont convergé vers ce premier réseau informatique.

Si l'on ouvre la « boîte noire » d'ARPANET, au moment où le couvercle commence à se refermer, vers 1969-70, c'est-à-dire si l'on essaye d'en identifier les composants, les principaux ingrédients (techniques, politiques, idéologiques, historiques, etc.) qui se sont associés pour former ce réseau, qu'y trouve-t-on ? Nous ne parlons pas ici des acteurs et intermédiaires qui composent alors ARPANET, mais plutôt des « lignées socio-techniques » (terme sans doute

[3] *Interface Message Processor* : les IMP ont constitué les premiers serveurs de routage du réseau. (voir plus loin le chapitre sur « La naissance d'ARPANET »)

impropre pour désigner les lignes de force historiques entremêlant le technique, le social, le scientifique, le politique, etc.), qui se sont matérialisées dans ces acteurs et intermédiaires.

Sans exhaustivité ni volonté de hiérarchisation, nous citerons donc quelques unes de ces principales « sources », présentes ou incarnées à un moment ou un autre dans l'émergence d'ARPANET :

- **la cybernétique et la théorie de l'information,** apparues dans les années 40 : à la fois matrice théorique, idéologique et scientifique, lieu de formation pour de nombreux acteurs essentiels de l'informatique interactive, source d'inspiration, avec le concept de « *command and control* », de nombreux programmes de recherche militaro-civils, l'on n'en finirait pas d'énumérer les signes de l'importance de la cybernétique et des théories de l'information dans la genèse d'ARPANET. A tel point qu'il s'agit là d'une forme d'évidence : ARPANET, et Internet, ne sont pas compréhensibles si l'on oublie la prégnance de la cybernétique de Wiener. Inversement, l'on ne saurait les y réduire.

- **les progrès réalisés sur les ordinateurs et en informatique :** dans les composants, les systèmes d'exploitation, les langages, etc., ARPANET ne survient et ne peut survenir qu'après plusieurs étapes préalables en informatique et constitue, de ce point de vue, à la fois le résultat et le tremplin d'innovations essentielles. L'histoire d'ARPANET est en bonne partie celle de l'ordinateur.

- plus spécifiquement dans cette « lignée » de l'informatique, il faut citer **le premier « réseau » d'ordinateurs** des années 50 (le projet SAGE[4]) et surtout le mouvement de recherche autour des **ordinateurs à temps partagé** (le *time-sharing*), développé au MIT au début des années 60. Le *time-sharing* constitue la préfiguration d'ARPANET sur de nombreux plans, comme nous le verrons en détail ;

- en lien direct avec ce qui précède, citons la vision d'une autre informatique, **l'informatique interactive et communicationnelle** et l'élaboration d'un autre modèle de l'ordinateur, outil de communication plus que de computation. La constitution de ce qui deviendra peu à peu, non sans difficultés ni controverses, un nouveau paradigme de l'ordinateur, autour des réflexions de pionniers comme Licklider, Fano, McCarthy, Engelbart, est une composante-clé, centrale, de l'émergence d'ARPANET ;

- en tant qu'élément important de ce nouveau paradigme de l'informatique interactive, une autre lignée parcourt toute l'histoire d'ARPANET : celle de **l'hypertexte**. Depuis les prémonitions de Vannevar Bush de 1945 jusqu'aux travaux d'Engelbart sur les interfaces et les messageries

---

[4] *Semi-Automatic Ground Environment* : premier réseau militaire de surveillance électronique anti-aérienne (voir le chapitre sur « Le système SAGE »)

collectives, la remontée de cette lignée de l'hypertexte est indispensable pour reconstituer l'émergence d'ARPANET et surtout l'essor d'Internet et du World Wide Web ;

- au-delà de l'hypertexte et de cette approche non-linéaire de l'information court peut-être une longue lignée de pensée souterraine, multiséculaire : celle de **l'associationnisme** qui imprègne de nombreux chercheurs et penseurs anglo-saxons ;

- **la transmission par paquets** : parfois présentée à tort comme le principal facteur technique du projet, la transmission par paquets constitue, à tout le moins, une avancée majeure dans le domaine des télécommunications et le fondement technique du mode de transmission des données d'ARPANET ;

- le tournant dans la politique de gestion de la recherche scientifique militaire par le Pentagone, avec la **création de l'ARPA** en 1958 ;

- le rôle crucial de cette agence dans le développement, le pilotage et le financement de la recherche informatique, à travers son service spécialisé pour l'informatique, **l'IPTO ;**

- **l'institutionnalisation de l'informatique en tant que discipline universitaire autonome** (*science computer*), possédant ses propres diplômes, etc.. Et dans le même mouvement, la constitution d'une communauté de recherche, d'un collège tout à fait « visible » autour de l'ARPA (les *ARPA's contractors*) ;

- la **nouvelle politique de maîtrise de l'information scientifique**, mise en place au début des années 60, se traduisant par la naissance des premières banques de données, le développement de l'informatique documentaire, l'élaboration de la réflexion sur le rôle stratégique de l'information ;

- plus globalement, le **« bond en avant » de la recherche scientifique** et technique, impulsé par la présidence Kennedy en 1960, dont la course à la lune est le symbole le plus fort ;

- le **contexte de la guerre froide,** la peur de l'holocauste nucléaire, les préoccupations patriotiques de la défense américaine et de plusieurs chercheurs ;

- **l'imbrication totale entre l'armée** (et ses agences de financement de la recherche), **les universités et les entreprises de pointe** (notamment en informatique) : réseaux humains, organisationnels, techniques, déjà constitués, habitudes de travail en commun, nées notamment du Manhattan Project de la guerre ;

- paradoxalement avec ce qui précède**, l'essor de l'idéologie libertaire, contestataire, des années 60** : notamment la volonté de démocratiser l'informatique, de partager les informations, etc..

Tous ces composants d'ARPANET apparaissent à l'observateur qui se penche sur le « berceau » du réseau, ils constituent, avec d'autres facteurs encore, la trame serrée de ce « réseau de réseaux » qu'est, déjà, ARPANET. Ces différentes lignées, très hétérogènes, incarnées par des acteurs différents, obéissent également à des temporalités ou à des histoires très différentes.

Ainsi l'histoire courte de la politique scientifique américaine ou de la guerre froide s'entremêle, interfère avec l'histoire, plus longue, de l'ordinateur qui elle-même croise celle de la notion d'hypertexte ou de l'histoire des outils et systèmes d'information. D'un autre côté, le « temps des technique » n'est pas le même que celui des idées, des théories. Celui-ci est parfois en avance sur celui-là, comme le montre l'étude des relations entre les discours et les projets techniques sur un autre modèle d'ordinateur. Nous verrons par exemple que certains projets de *time-sharing*, ou du moins les idées et les visions portées par ces projets, allaient bien au-delà des possibilités techniques encore limitées des ordinateurs.

Situation inverse d'une certaine manière à celle que nous connaissons aujourd'hui, où les avancées techniques dépassent largement les projections et la réflexion.

Rendre compte de l'émergence d'ARPANET implique donc de sortir des cadres chronologiques trop étroits, habituellement retenus. Les « versions officielles » de la naissance d'ARPANET retiennent surtout l'année 1969, qui voit effectivement la création du réseau et l'année 1958 (date de création de l'ARPA), comme lointaine origine. Si l'histoire proprement dite d'ARPANET commence réellement à partir de 1966 (premier projet de mise en réseaux élaboré par Taylor), il est évident que ce premier projet ne peut être compris sans tout ce qui le précède.

Aussi, sans tomber dans les « processions » des origines, nous envisagerons d'emblée l'émergence d'ARPANET comme un processus ne pouvant être compris et saisi que dans la durée. La prise en compte de la longueur du processus, que l'on fera commencer schématiquement au début des années 50, permettra, non seulement de suivre les différentes lignées précitées, mais aussi de distinguer entre les périodes de longue accumulation, de constitution lente, souterraine, des différents ingrédients du réseau, et les périodes qui voient se « précipiter » les événements, s'accélérer les processus, se construire le réseau.

2.2 Comment faire l'histoire de ce type « d'infrastructure informationnelle » ?

« *Comment en faire l'histoire* », remarque Geoff Bowker à propos des infrastructures informationnelles, soulignant que « *l'émergence d'une telle infrastructure est en réalité le fruit d'une activité sociale, collective, hétérogène, à la fois politique et économique tout en présentant une dimension*

théorique » [5]? Comment reconstituer l'émergence de dispositifs aussi vastes et hétérogènes qu'ARPANET ?

En se proposant de suivre les diverses lignées d'ARPANET le plus loin possible, en essayant d'identifier et de cartographier les divers acteurs, intermédiaires et les réseaux qu'ils composent, en tâchant de repérer et de décomposer quelques unes des principales opérations de « traduction » qui ont jalonné l'ensemble du processus, en mettant à jour les controverses dont le règlement a permis l'émergence du réseau.

Si nous ne prétendons nullement être historien, cette thèse, qui s'apparente en partie à un travail de recherche historique, se situe néanmoins « tout contre » certaines problématiques de l'histoire, qu'il convient maintenant d'évoquer.

2.2.1 La remise en cause de la quête des origines et des causalités

Entreprendre l'exploration du processus d'émergence d'une infrastructure informationnelle de l'ampleur d'ARPANET implique, selon nous, de remettre en cause un présupposé bien établi : celui de la recherche des causalités.

La quête des origines de tout phénomène (historique, économique, médiatique, technique, philosophique...) représente un réflexe et une opération mentale tellement ancrés en nous, tellement familiers qu'il est quasiment impossible de s'en détacher totalement. La notion d'origine imprègne et structure très fortement notre mode de pensée, notamment toute tentative d'explication historique d'un phénomène quelconque. Cette recherche de l'origine se trouve d'ailleurs au fondement de l'histoire, en tant que projet d'élucidation des causes premières de tout événement, établissement de successions de faits reliés par des liens de causalité.

Obsédée par les origines, la conception dominante de l'histoire, y compris de l'histoire des techniques, reste imprégnée par les présupposés de la causalité : à quel principe unique, à quelle ultime causalité peut-on ramener tel ou tel phénomène historique ?

Selon la conception causale de l'histoire, tout phénomène, tout fait recèlerait une ou plusieurs cause(s) plus ou moins cachée(s), que l'historien se doit de débusquer. Cette volonté d'intelligibilité du monde et de mise en ordre du chaos de la réalité, au coeur de la pensée occidentale, se renforce de la perspective positiviste, longtemps dominante, d'une histoire appréhendée comme un processus ayant une origine et un aboutissement : le Progrès, les Lumières ou la dictature du prolétariat selon les différentes versions. Dans ces conceptions

[5] G. BOWKER, J.M. NOYER (Trad.), L'Histoire des infrastructures informationnelles, *art. cit.*, p. 2

eschatologiques des processus historiques, la quête des origines constituerait, avec la détermination des fins ultimes (et, en conséquence, du fameux « sens ») de l'histoire, la tâche essentielle, fondatrice, de tout travail historien.

Véritable paradigme de la pensée occidentale, la causalité est au centre de notre mode d'appréhension du réel, ainsi que le rappelle François Jullien :

> *« Il paraît impossible de mettre en question la validité absolue de cette appréhension causale tant qu'on demeure à l'intérieur de la tradition propre à l'Occident. Tant cette légitimité s'y est constituée en évidence et lui a servi de fondement logique : la causalité est une loi générale de l'entendement, nous dit Kant, établie a priori. »*[6].

Pourtant cette approche causale ne va pas forcément de soi et, si elle paraît absente de la pensée chinoise comme le montre admirablement François Jullien, elle a été également remise en question par tout un ensemble de penseurs et de philosophes occidentaux, parmi lesquels Michel Foucault, Gilles Deleuze, Michel Serres ou Bruno Latour, qui représentent l'essentiel de notre réseau théorique de référence.

Ainsi le projet « d'archéologie du savoir », entrepris par Michel Foucault, apparaît-il comme une remise en cause profonde de la notion d'origine et de la prégnance de cette remontée aux sources, dans le domaine de la pensée et de l'analyse des discours. Critique répétée de la causalité, de l'histoire des idées comme « succession d'événements de la pensée », bousculement des notions de « ressemblance », de « procession », « d'influence » dans l'ordre discursif, remise en question des successions chronologiques : toute la démarche archéologique de Foucault est une entreprise de dynamitage méthodique de la « problématique de l'origine ». Refusant les hiérarchies de valeur entre les énoncés, qualifiant de vaine et naïve l'entreprise consistant à remonter les filières pour trouver le point de départ absolu d'une idée, Foucault se fixe comme objectif la mise à jour de la « régularité des énoncés », des pratiques discursives. Pour lui, il ne peut y avoir, dans l'analyse des discours, de point d'origine absolu ou de discours inaugural, séminal, duquel tout le reste découlerait. Il conteste avec force ce qu'il nomme la « présence de l'origine », cette idée courante selon laquelle tout discours pourrait se rapporter à une origine lointaine, secrète *(«au -delà de tout commencement apparent, il y a toujours une origine secrète »)*, qu'il s'agirait de découvrir *« à travers la naïveté des chronologies »*. L'archéologie des idées, pour sa part, a affaire à « *des événements de type et de niveaux différents, pris dans des trames historiques différentes* ».[7]

---

[6] F. JULLIEN, *La Propension des choses. Pour une histoire de l'efficacité en Chine,* Seuil, 1992, p. 195

[7] M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, Gallimard, 1969, pp. 36 et 191

Un autre questionnement de la notion d'origine se trouve chez Michel Serres qui, remontant « *aux origines de la géométrie* », en a montré l'extraordinaire dispersion, à l'image des innombrables filets et ruissellements qui peu à peu constituent « la source » d'une rivière, qu'il décrit ainsi :

> *« Le bassin en question collecte ou recrute les innombrables filets imperceptibles d'eau venus de la montagne, des prés ou des glaciers avoisinants, arborescence tellement fine, complexe et enchevêtrée qu'elle ne donnerait pas naissance à un écoulement continu sans l'existence, justement, de ce bassin de recueil. Il marque le seuil de la percolation, dont le statut et la construction résolvent le paradoxe facile et naïf de l'origine. Tout se passe comme si la source était une condition qui ne fonctionne comme un premier amont, que par une contradiction dans sa propre définition, puisqu'elle se pose ou se construit en un dernier aval. Limite entre ces deux règnes, l'origine inverse les lois de régime. »* [8]

Cette métaphore de l'entrelacs des ruissellements, que relève G. Bowker à propos d'Internet et que nous faisons également nôtre, est une autre manière de contester l'idée d'une origine absolue des phénomènes : si origines il y a, elles sont tellement multiples et diversifiées qu'elles rendent vaine toute recherche d'une source unique et finissent par dissoudre la notion même d'origine.

En mettant l'accent sur la diversité des acteurs, des « sources » d'inspiration d'ARPANET, évoquées plus haut, nous n'avons d'autre ambition que de montrer la multiplicité, le foisonnement, l'hétérogénéité des origines d'Internet. Au rebours des visions monophoniques des débuts d'ARPANET, sans cesse rabattus sur un seul facteur originel (la guerre froide, l'idéologie de la communication), nous voulons tenter d'établir la polyphonie des origines, première matrice de l'extraordinaire hétérogénéité de l'Internet d'aujourd'hui.

Un modèle philosophique célèbre nous aide à mieux sortir de la pensée des origines : celui du « rhizome » de Deleuze et Guattari. N'ayant ni début ni fin, « *poussant par le milieu* », composé d'innombrables éléments hétérogènes et de points de couplage fluctuants, le rhizome deleuzien représente, en tant que métaphore de l'hypertexte, l'un des modèles conceptuels les plus pertinents pour penser, appréhender la nature profonde du « cyberspace » actuel. [9]

Le modèle hypertextuel de la communication est peut-être en passe de devenir le nouveau « schéma canonique » de la communication du XXIe siècle et, dans cette conception horizontale, immanente et réticulaire des processus communicationnels, la question des origines se trouve singulièrement reposée. Où situer le point de départ, « l'origine » de l'hypertexte mondial ? Comme le rhizome de Deleuze, il n'a ni début ni fin.

---

[8] M. SERRES, *Les Origines de la géométrie,* Flammarion, 1993, p. 44

[9] Voir sur ce point le dernier ouvrage de P. LEVY,*Cyberculture. Rapport au Conseil de l'Europe,* Odile Jacob, 1997

Et si les réseaux de l'Internet d'aujourd'hui sont « l'expression et l'exprimé » de ce modèle rhizomatique, si la métaphore de l'hypertexte est la mieux à même de représenter les nouvelles formes de communication émergentes, ne peut-on utiliser le même type de modèle pour se pencher sur le berceau d'Internet ? Autrement dit, la figure du rhizome nous paraît également féconde pour penser l'émergence du réseau des réseaux. Internet est et a toujours été « rhizomatique » de part en part.

On ne saurait clore cette brève évocation des pensées critiques de la notion d'origine sans citer le courant de pensée de Latour et Callon. Préférant les descriptions de réseaux aux explications causales, Latour et Callon n'ont eu de cesse de combattre l'illusion d'une origine unique, absolue des innovations scientifiques et techniques. Là où Foucault cherchait à faire éclater les « *cadres unitaires* », les « *synthèses toutes faites* » pour ne considérer que des « *populations d'événements dispersés* », les sociologues de l'Ecole des Mines, non seulement prolongent l'entreprise de suppression des coupures et des délimitations familières (entre « la » nature, « la » société, « la » technique), mais surtout remplacent la notion d'origine par celle de traduction : il n'existe, selon eux, que des « associations », des « épreuves de force » qui permettent d'éprouver la réalité d'un phénomène, des interconnexions entre acteurs et actants. Il ne peut donc plus y avoir de point unique d'origine, puisque le concepteur même d'une invention ne fait que cristalliser, associer, relier différents éléments (matériels, discursifs, etc.) pour les éprouver dans de nouvelles configurations.

Et l'émergence d'une nouvelle technique n'est plus que la résultante de l'interconnexion solide de multiples entités, formant un nouveau « réseau ».

Une dernière notion, empruntée à Michel Foucault, nous permettra de préciser encore, sinon notre projet, du moins le cadre théorique général dans lequel il se situe : la notion « d'histoire générale », définie dans l'*Archéologie du savoir*. Foucault distingue ainsi histoire globale et histoire générale :

> *« Le projet d'une histoire globale, c'est celui qui cherche à restituer la forme d'ensemble d'une civilisation, le principe - matériel ou spirituel - d'une société, la signification commune à tous les phénomènes d'une période, la loi qui rend compte de leur cohésion, - ce qu'on appelle métaphoriquement le « visage » d'une époque. »*[10].

A cette « histoire globale », qui « *resserre tous les phénomènes autour d'un centre unique* », Foucault oppose le projet d'une « histoire générale », qui « *déploierait l'espace d'une dispersion* ». Là où une histoire globale repose sur un certain nombre d'hypothèses (notamment celle d'un « système

---

[10] M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir, op. cit.*, p. 18-19

de relations homogènes » entre tous les phénomènes) et de postulats, tous liés à la notion de causalité, le projet « d'histoire générale » se fonde sur la remise en cause de ces mêmes postulats et hypothèses.

Notre projet n'est pas celui de faire une « histoire générale » d'ARPANET. Est-il seulement de faire une « histoire », au sens des historiens ? A bien des égards, nous nous situons « en-deça » des perspectives historiennes, cherchant surtout à réaliser une étude sociologique (ou socio-historique) d'un processus d'innovation technique qui s'est déroulé il y a plus de trente ans.
Par ces remarques visant à questionner la notion familière de causalité, nous entendons surtout préciser l'orientation générale de notre travail, l'esprit dans lequel cette description de l'émergence d'ARPANET a été envisagee. En rejetant toute recherche *a priori* de causalité, il s'agirait de suivre pas à pas le cheminement des acteurs, les innombrables chaînes d'association qui les relient, la lente constitution des réseaux, leur agrégation progressive, leur enchevêtrement irréversible. Que la réalisation ne soit pas toujours à la hauteur des exigences ou des pétitions de principe est une autre affaire. Et il faut reconnaître en toute modestie que notre travail est loin de pouvoir échapper totalement à un présupposé aussi prégnant que la recherche habituelle des causes, des influences ou des origines.

2.2.2 L'hypothèse paradoxale d'un processus à la fois auto-organisé et programmé

Nous défendons l'idée selon laquelle la naissance d'ARPANET est le fruit d'un très long processus d'innovation, se développant de manière endogène, auto-organisée et analogue à un phénomène biologique de développement spontané, à l'intérieur duquel se sont affirmées des stratégies d'acteurs précises. L'interconnexion progressive de ces stratégies d'acteurs multiples étant à la fois la « cause et l'effet » de ce processus d'innovation autonome, quasi autopoïétique[11].

[11] Autopoïèse : du grec *autos* : soi et *poïein* : produire (auto-production). Concept central de la théorie du vivant chez les biologistes Varéla et Maturana, l'autopoïèse désigne la capacité des systèmes vivants à s'auto-produire, à conserver leur identité. L'autopoïèse, fondée sur la notion d'homéostasie (stabilité interne), est la notion « nécessaire et suffisante » pour définir l'organisation des êtres vivants, considérés comme des « machines » ou des systèmes autopoïétiques, qui produisent leur identité et spécifient continuellement les frontières avec leur environnement.

Autrement dit, nous aurions affaire, dans l'émergence d'ARPANET, à la difficile articulation entre « le hasard et la nécessité », entre l'évolution spontanée des phénomènes et la volonté des acteurs, entre l'incertitude des interactions et la programmation de projets.

Notre conception de la naissance d'ARPANET se situe ainsi entre **deux écueils** :

- **l'écueil « déterministe »,** marqué par l'illusion du « programme » préétabli, appliqué de manière linéaire. Cette conception, proche du modèle de la diffusion dans laquelle l'innovation est totalement maîtrisée par les acteurs, sert de fondement aux diverses versions du « réseau militaire indestructible », décidé et piloté par le Pentagone.
- **la conception « spontanéiste »,** dans laquelle Internet ne serait que le fruit du hasard des interconnexions des acteurs et de leurs intérêts. Cette vision est sans doute plus pertinente pour décrire le développement actuel d'Internet, dont le caractère effectivement spontané, incontrôlable, endogène, a été souvent relevé. Mais concernant l'émergence d'ARPANET, il faut d'abord tenir compte des projets et des stratégies d'acteurs précis.

Une notion, empruntée à la pensée chinoise, permettra d'illustrer cette hypothèse : la notion de « *dispositif* » développée par le philosophe François Jullien[12], à partir du terme chinois de « *che* ». Ce terme, assez commun dans la langue chinoise, serait porteur d'une grande ambivalence : signifiant à la fois tendance, position, circonstances, pouvoir, potentiel, il sert de prétexte, pour François Jullien, à une réflexion passionnante sur la pensée chinoise de l'efficacité, à travers des champs aussi différents que la politique, la stratégie, l'histoire, l'art ou la littérature.

Ce qui nous intéresse ici tout particulièrement concerne la conception chinoise de l'histoire :

> *« Qu'est-ce qu'une situation historique et comment analyser celle-ci ? Le problème est, au fond, toujours le même - mais transféré dans le domaine de la société : dépasser, pour mieux penser le réel, l'antinomie du statique et du mouvant, d'un état et d'un devenir. »* [13]

La question posée ici par François Jullien est bien l'une des questions majeures (et aussi des plus anciennes) de l'histoire, mais aussi de la sociologie des innovations : celle de la dialectique entre continuité et rupture, stabilité et changement, tradition et innovation. S'appuyant sur les penseurs chinois, François Jullien décompose le processus de l'histoire en deux grands éléments : la **situation** et la **tendance qui en découle**. Selon lui, l'interdépendance est totale en histoire entre :

---

[12] F. JULLIEN, *La Propension des choses. Pour une histoire de l'efficacité en Chine,* Seuil, 1992

[13] F. JULLIEN, *op. cit*., p. 155

- d'une part, les **circonstances** (*i.e.* la *situation*), qui déterminent les processus historiques, les actions politiques (et peut-être aussi, selon nous, les innovations techniques) ;
- d'autre part, les **forces** elles-mêmes, qui dépendent des circonstances et sont fonction de la capacité des hommes politiques, des acteurs à tirer parti de la situation, à utiliser ces circonstances.

Ainsi la notion de « *che* », appliquée à l'histoire, signifie-t-elle à la fois la situation particulière et la tendance qui s'en exprime, ou la « *tendance découlant de la situation* », *i.e. « ce qui, une fois mis en branle, ne saurait s'arrêter* ». Cette notion désignerait donc l'interaction, ou plutôt l'imbrication entre un contexte et une action déterminée, la manière dont les acteurs utilisent cette « tendance » pour l'orienter dans leur sens.

Pour développer l'idée d'ARPANET comme émergence d'un « dispositif » socio-technique, comme l'actualisation d'une « *tendance découlant d'une situation* », *i.e.* pour penser le processus historique de mise en réseaux généralisée qui s'empare de la recherche scientifique et militaire américaine des années 60, il faudrait ainsi arriver à appréhender simultanément les deux phénomènes :

- la « *situation* » historique au moment donné, *i.e.* l'état des techniques, des organisations, des politiques, des acteurs, etc. ;
- et la « *tendance découlant de la situation* », correspondant ici au caractère quasi-inévitable, irréversible de la mise en réseaux.

Selon cette conception chinoise de l'histoire expliquée par Jullien, les processus historiques se dérouleraient donc par nécessité interne, selon une logique endogène et l'efficacité des acteurs historiques résulte de leur capacité à prendre appui sur ces logiques internes.

A nos yeux, il existe de fortes analogies entre la vision de l'histoire « à la chinoise », développée par Jullien et la conception immanentiste des innovations, développée par la sociologie de la traduction. A la croisée de l'une et l'autre se trouve la notion de processus mis en oeuvre ou accompagnés par des acteurs, dont l'habileté stratégique réside précisément dans cette capacité à saisir « la tendance découlant de la situation ».

En définissant notre projet comme celui d'une histoire « processuelle », nous n'entendons rien d'autre que cette attention privilégiée au suivi des innombrables micro et macro-processus (de traduction, d'interaction, de constitution de réseaux) qui ont convergé dans l'émergence d'ARPANET.

2.3 L'approche de la sociologie de la traduction

Nous avons cité à différentes reprises le modèle de l'innovation proposé par les sociologues du CSI (Centre de Sociologie de l'Innovation) comme étant notre principale source d'inspiration théorique. Avant de présenter notre propre démarche, il nous paraît donc nécessaire de nous arrêter assez longuement sur ce modèle théorique, qui suscite toujours de nombreux débats, tant dans le champ de la sociologie des sciences et des techniques où il occupe désormais une place centrale, que dans celui des Sciences de l'Information et de la Communication, où il sert à la fois de référence ou de repoussoir.

Dans les discussions et débats qu'elles provoquent, il nous semble que certaines thèses de la sociologie de la traduction sont parfois présentées de manière réductrice, schématique. Nous pensons notamment à la « métaphore guerrière » ou à la vision machiavélique de l'innovation, qui a été beaucoup reprochée à Callon et Latour et qui nous paraît procéder d'une lecture hâtive de leur théorie.

Certes, de nombreux aspects, tant théoriques, méthodologiques que « politiques » de la théorie de la traduction soulèvent de fortes interrogations et appellent la discussion. Encore faut-il partir des notions et concepts précis, revenir aux définitions qui en sont données par les auteurs, reconstituer la cohérence d'un appareillage théorique, dont la complexité est sans doute l'une des richesses, mais aussi l'une des difficultés principales de cette approche des sciences et des techniques.

Ainsi, après avoir rappelé brièvement les postulats et principes théoriques de la sociologie de la traduction, nous présenterons de manière plus détaillée cet appareillage conceptuel et méthodologique.

2.3.1 Les postulats continuistes de l'anthropologie des sciences et des techniques

Parmi les présupposés, les postulats épistémologiques sur lesquels se fonde la sociologie de la traduction, le postulat continuiste nous paraît le plus fondamental. Refus des dualismes entre société et technique, pensée et supports, critique de tous les « Grand(s) (et petits) Partage(s) » entre pensée scientifique et idéologie, rejet des « coupures épistémologiques » établies par Bachelard entre « esprit scientifique et préscientifique », entre science et « bricolage », etc. : la sociologie de la traduction s'est fait une sorte de spécialité de la remise en cause de toutes les

distinctions et dichotomies habituelles de la pensée occidentale, notamment celles qui concernent la technique (technique/culture, technique/société, etc..). Pour Bruno Latour et Michel Callon, la science ne peut être placée à l'extérieur de la société, dans un monde séparé sur lequel règnerait la seule Raison.

Ce présupposé continuiste induit de nombreuses conséquences théoriques. Notamment l'insistance, pour expliquer les sciences et techniques, sur leur caractère social et sur le rôle des traces et instruments. Ainsi l'approche anthropologique des sciences et des techniques doit-elle être double, combinant une approche pragmatique de l'énonciation scientifique (dans laquelle la raison est le résultat d'un contexte, d'un rapport de force, d'un processus collectif d'interactions) et une approche « médiologique », avec l'insistance de Latour sur les « longues chaînes d'inscription », les traces, les médiations socio-techniques indispensables à la science.

> *« Notre premier pas est de rejeter **a priori** tout grand partage **a priori** ; le second est de rassembler les études qui expliquent les vastes effets des sciences par des pratiques simples d'inscription, d'enregistrement, de visualisation.»* [14].

Cette liaison nécessaire entre les inscriptions et les réseaux sociaux pour l'explication d'un énoncé scientifique, que Latour appelle la *« visée binoculaire »*, est indispensable pour comprendre la science ou l'innovation :

> *« Les inscriptions par elles-mêmes ne suffisent pas à expliquer le développement cognitif des sciences et des techniques ; elles le peuvent seulement lorsqu'elles améliorent d'une façon ou d'une autre la position du locuteur dans ses efforts pour convaincre. »*[15].

La validité d'un énoncé ne réside plus dans sa « vérité interne », mais dans sa transmission et son appropriation par le plus grand nombre de locuteurs.

Cette approche immanente, horizontale, sans *a priori* des techniques et de l'innovation témoigne ainsi de nombreux liens avec les multiples approches de type « médiologique », ayant démontré l'importance capitale des dispositifs et pratiques d'écriture (voir les nombreuses références aux travaux de Goody, d'Eisenstein, etc.). *« Nous allons rechercher les causes les plus petites possibles capables de générer les vastes effets attribués aux sciences et aux techniques. »* [16]

---

[14] B. LATOUR, « Les « Vues » de l'esprit. Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques ». In D. BOUGNOUX, *Sciences de l'Information et de la Communication*, Larousse, 1993, p. 578

[15] *Ibid*., p. 579

[16] *Ibid*., p. 575

2.3.1.1 Cinq principes méthodologiques fondamentaux

Plutôt que de développer ces postulats philosophiques, nous présenterons les principes théoriques et méthodologiques dans lesquels ils s'incarnent, cinq principes qui sont au fondement de la démarche de la sociologie de la traduction et que rappelle Dominique Vinck[17]:

- le « principe de symétrie », énoncé dans le « *programme fort* » de David Bloor : cette règle de méthode consiste à assurer une symétrie dans l'explication, indépendamment des résultats. Elle rejette ainsi l'asymétrie habituelle, qui prévaut (ou prévalait) dans la conception traditionnelle de l'innovation, notamment dans le modèle diffusionniste, pour qui le succès d'une invention est à mettre sur le compte des qualités techniques de l'objet, ou du génie de ses inventeurs, alors que son échec serait imputable aux seules résistances du social, à l'inertie, etc.. Contre ce déséquilibre, fondé sur une coupure préalable entre la technique ou la science et la société, le « programme fort » de Bloor et, à sa suite, la sociologie de la traduction se sont insurgés, en faisant appel aux facteurs sociaux qui interviennent de la même manière pour expliquer les connaissances scientifiques acceptées et les croyances jugées fausses, les techniques qui « marchent » et celles qui ne « marchent pas ». Autrement dit, le principe de symétrie invite à traiter dans les mêmes termes, avec les mêmes facteurs d'explication, le succès ou l'échec d'un énoncé, d'une technique.

- le **principe de symétrie « Nature-Société »,** appelé aussi « *principe de symétrie généralisée* » par Michel Callon[18]: il s'agit là de « l'extension » du principe de symétrie de Bloor, à partir d'une critique de l'explication par le seul facteur social de la différence entre science et croyance. Pour Callon et Latour, les facteurs sociaux sont insuffisants à rendre compte de l'activité scientifique et technique, la société n'explique pas totalement la stabilité des énoncés ou des innovations, « *le social seul ne suffit pas à faire tenir les produits scientifiques* »[19]. Autrement dit, les sciences et les techniques ne sont pas seulement « socialement construites ». Faut-il pour autant invoquer la Nature ou les explications épistémologiques classiques, pour expliquer cette stabilité des énoncés scientifiques ?

Pas davantage, puisque l'invocation de la nature (comme celle du social) en dernière instance est insuffisante pour expliquer les faits scientifiques, résultat du règlement de controverses. Or,

---

[17] D. VINCK, *Sociologie des sciences*, Armand Colin, 1995, p. 196-200

[18] Principe énoncé dans le texte devenu canonique : M. CALLON, Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année Sociologique*, 1986, vol. 36, n° spécial, p. 175

[19] D. VINCK, *op. cit.*, p. 197

puisque le règlement des controverses est à la fois « *la cause d'une représentation stable de la nature* » et celle « *de la stabilité de la société* » et non leur conséquence, « *nous ne pouvons jamais utiliser la conséquence, l'état de nature (ou l'état de la société) pour expliquer comment et pourquoi une controverse été close* »[20]. Pour Latour, il faut rendre compte d'un processus de coproduction de la nature et de la société. Aussi, si l'on veut éviter le retour aux explications par le déterminisme technique ou par la nature (qui pour Callon et Latour ne préexiste pas au social), il faut traiter les facteurs techniques, les facteurs naturels et les facteurs sociaux à égalité. Callon propose donc une extension du principe de symétrie aux différents acteurs, humains et non humains, de tout processus d'innovation. Le principe de symétrie Nature-Société permettrait ainsi de saisir simultanément la coproduction de la nature et du social (les *socio-natures*) de rendre compte, dans les mêmes termes, des aspects techniques et des aspects sociaux.

- **le principe d'agnosticisme dans le traitement des discours** : pour Callon, il s'agit là encore d'une nouvelle extension du principe de symétrie, appliqué cette fois au traitement des discours des acteurs de l'innovation. Face à ces discours, l'observateur se doit de pratiquer un agnosticisme total, *i.e.* de ne privilégier aucun des points de vue exprimés, quel que soit l'objet traité, nature ou société. « *Il s'abstient de porter des jugements sur la façon dont les acteurs analysent la société qui les entoure, il ne privilégie aucun point de vue et ne censure aucune interprétation.* » [21]
L'observateur doit donc traiter de la même manière les discours et les actions des acteurs, qu'ils concernent la nature ou la société et prendre acte des éventuelles incertitudes portant sur l'identité des entités en présence. Ainsi que l'explique Vinck, ce principe d'agnosticisme dans l'observation est une remise en cause du point de vue de la sociologie relativiste des sciences, qui niait aux scientifiques le droit à la controverse sur la société.

- **le principe de symétrie Humain- Non-humain** : cette nouvelle extension du principe de symétrie est encore une remise en cause de l'absence habituelle de prise en compte par la sociologie des entités non humaines (objets techniques, animaux, traces écrites...). Loin de tout naturalisme, ce principe, qui se veut une règle de méthode d'observation, entend rendre compte dans les processus scientifiques et techniques de la présence et des mouvements des « non-humains », au même titre que ceux des humains.

---

[20] B. LATOUR, *La Science en action : Introduction à la sociologie des sciences.* 2ème éd., rev. par l'auteur, Gallimard, 1995. (Folio Essais), p. 627

[21] M. CALLON, Eléments pour une sociologie de la traduction, *art. cit.*, p. 175

- enfin, **le principe du suivi des circonstances, des associations et des déplacements** : l'observation fine, ethnographique, des processus de la science ou de la technique en action, montre l'importance cruciale des circonstances, des contingences, des négociations, des interactions. Par ce principe ethnographique, il s'agit de rendre compte, sans grille *a priori*, de cette incertitude et de ces circonstances, de ces déplacements des entités humaines et non-humaines :

> *« L'application du principe de suivi des associations implique de repérer et de prendre en compte la manière dont les acteurs définissent et associent les différents éléments. L'observateur enregistrera donc l'inventaire des catégories utilisées, des entités mobilisées et des relations dans lesquelles elles entrent ainsi que de leurs remises en question permanentes. »* [22]

2.3.2 Les notions-clés et le « répertoire » de la sociologie de la traduction

A partir de ces principes théoriques et méthodologiques, Michel Callon et Bruno Latour ont élaboré, au fil de leurs publications, un appareillage conceptuel très riche, fondé sur différentes notions et doté d'une terminologie spécifique. Afin de respecter le « principe de symétrie généralisée », il est nécessaire en effet de disposer d'un répertoire propre à assurer, dans les mêmes termes, la description des différents aspects et acteurs d'un processus d'innovation, répertoire que Callon définit, dans son étude fondatrice sur la « *domestication des coquilles Saint-Jacques* » comme le répertoire de la traduction. Il nous faut ici présenter quelques unes de ces notions-clés de la sociologie de la traduction, entr'aperçues rapidement dans l'exposé de notre projet.

2.3.2.1 Traduction : le double sens d'une notion ambiguë

Qu'est-ce que la « traduction » ? Que recouvre ce terme courant qui a donné son nom à un modèle de l'innovation ? Cette notion ne se laisse pas saisir facilement, si l'on en reste aux définitions très larges qui en sont proposées : « *mécanisme par lequel un monde social et naturel se met progressivement en forme et se stabilise* » pour Callon, *« opération par laquelle des éléments divers sont captés et articulés dans un système d'interdépendances, et éventuellement amenés à agir comme un ensemble intégré dont les forces, au lieu de se neutraliser, convergent dans un même sens en s'appuyant*

---

[22] D. VINCK, *op. cit.*, p. 200

les unes sur les autres » selon Quéré[23], la traduction exprime le passage graduel « *des négociations locales entre micro-acteurs (...) à des jeux plus stabilisés de macro-acteurs* »[24].

Importée de la philosophie des sciences de Michel Serres (selon l'analyse de Chateauraynaud), la notion de traduction qualifie le processus de construction des sciences et des techniques, qui s'opère par la construction de « *chaînes de traduction, permettant de traduire, par une série de déplacements successifs, une multitude d'intérêts et de forces dans un énoncé, une formule, un équipement, un laboratoire... »*[25].

Cette notion, pour être pleinement comprise, doit être précisée. Callon et Latour reprennent à leur compte le sens habituel du mot (la traduction d'un texte) et lui ajoutent l'acception géométrique de « translation » :

> *« En plus de son sens linguistique - l'établissement d'une correspondance entre deux versions d'un même texte dans deux langues différentes -, il faut lui donner le sens géométrique de translation. Parler de traduction d'intérêts signifie à la fois que l'on propose de nouvelles interprétations et que l'on déplace des ensembles »*[26].

« Traduire », dans ce modèle de l'innovation, revient donc à la fois à « traduire » ce que les autres veulent, à s'ériger en leur porte-parole et à déplacer ces forces et ces acteurs.

L'explicitation des autres notions-clé de la sociologie de la traduction permettra de mieux éclairer sa notion éponyme.

2.3.2.2 La notion d'intermédiaire comme matérialisation des interactions

Définie avec précision par Michel Callon[27], cette notion constitue l'un des outils fondamentaux d'analyse des phénomènes d'innovation et de constitution des réseaux de la technoscience. Nous reprendrons ainsi la démonstration de Callon, essentielle pour notre propos, dans la mesure où cette notion d'intermédiaire représente l'une des notions-clé de notre recherche. Plus précise que la notion trop large de médiation, la notion d'intermédiaire est utilisée chez Callon pour désigner tous les composants de l'innovation et de la constitution des réseaux socio-techniques : textes, artefacts, savoir-faire incorporés, monnaie, qui circulent et composent, par association et

---

[23] L. QUERE, Les Boîtes noires de B. Latour ou le lien social dans la machine, *Réseaux*, juin 1989, n° 36, p. 106

[24] F. CHATEAURAYNAUD, Forces et faiblesses de la nouvelle anthropologie des sciences, *Critique*, juin-juillet 1991, n° 529-530, p.463

[25] *Ibid*.

[26] B. LATOUR, *La Science en action : Introduction à la sociologie des sciences, op. cit.*, p. 284

[27] Voir notamment : M. CALLON, Réseaux technico-économiques et irréversibilités. In R. BOYER, B. CHAVANCE, O. GODARD (sous la dir.), *Les Figures de l'irréversibilité en économie*, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1991, p. 195-230

interconnexion, les éléments des réseaux socio-techniques, élaborés par des acteurs (qui ne sont eux-mêmes que des intermédiaires désignés à un moment ou un autre comme porte-parole par d'autres acteurs et intermédiaires, comme nous le verrons).

Callon utilise les apports croisés de l'économie et de la sociologie pour redéfinir les interactions et le rôle des intermédiaires. En la reprenant d'abord à l'économie, qui met l'accent depuis toujours sur l'importance des choses matérielles comme condition des relations entre les acteurs sociaux, Callon propose de généraliser cette notion, dans le champ de l'étude de l'innovation scientifique et technique, à « *tout ce qui passe d'un acteur à un autre et qui constitue la forme et la matière des relations qui s'instaurent entre eux : articles scientifiques, logiciels, corps humains disciplinés, artefacts techniques, instruments, contrats, argent...* »[28]. Dans cette conception élargie, l'intermédiaire ne saurait se définir par une essence stable, une nature permanente : entité à « *ontologie variable* », l'intermédiaire se définit plutôt par sa position dans les interactions, qu'il sert à matérialiser.

Si Callon invoque l'économie pour rappeler que les acteurs échangent des « intermédiaires » de toutes sortes, il se réfère dans un même mouvement à la sociologie pour rappeler que ces acteurs s'entre-définissent par leurs relations. Il propose ainsi une conception renouvelée de l'acteur, des interactions et des médiations matérielles, fondée sur la jonction des deux points de vue de l'économie et de la sociologie : *« pour tenir les deux pièces du puzzle : les acteurs se saisissent dans l'interaction, dans l'entre-définition et celle-ci se matérialise dans les intermédiaires qu'ils mettent en circulation »*[29].

Pour lui, l'intermédiaire permet donc de *matérialiser* l'interaction, par laquelle les acteurs *s'entredéfinissent.* Quels sont ces intermédiaires ? Dans sa description des « *Réseaux Technico-Economiques* » (RTE) (que nous abordons plus loin), qui caractérisent l'interconnexion des différents pôles de l'innovation scientifique et technique, Callon en distingue quatre grandes catégories :

- **les textes et inscriptions** de toutes sortes (appelés T)
- **les artefacts techniques,** qu'il appelle **Non Humains** (NH),
- **les êtres humains et leurs compétences** (H)
- **la monnaie** (M)

2.3.2.2.1 Les inscriptions et les textes-réseaux

[28] M. CALLON, Réseaux technico-économiques et irréversibilités, *op. cit.*, p. 197

[29] *Ibid.*, p. 198

Le rôle capital des textes, des traces et des inscriptions dans le travail scientifique a été montré à plusieurs reprise par Latour et Callon et leurs analyses dans ce domaine apparaissent souvent comme les aspects les moins discutés de leur théorie. Ainsi, Patrice Flichy, assez critique sur de nombreux points vis-à-vis de la sociologie de la traduction, reconnaît que « *la question des instruments et plus largement de la collecte et du traitement des données scientifiques (...) constitue incontestablement un point fort de ces analyses*. »[30].

Mais il convient de distinguer instruments scientifiques et inscriptions.

Callon englobe dans cette première catégorie d'intermédiaires toutes les « *inscriptions littéraires* » au sens large, comprenant brevets, notes, articles, textes, ouvrages, etc.., tout ce qui constitue ce qu'on appelle couramment l'IST (Information Scientifique et Technique). Information et supports de cette information, puisque ces traces diverses de l'activité scientifique doivent circuler et nécessitent donc d'être matérialisées sur des supports physiques (imprimés, bandes magnétiques, supports électroniques, etc..).

Mais la notion de trace et d'inscription déborde celle, plus limitée, des textes scientifiques. Ces traces et inscriptions sont au coeur de l'activité scientifique et technique grâce à plusieurs propriétés, dont celle d'être des « *mobiles immuables* », propriétés que Bruno Latour, dans son passionnant article sur les « *vues de l'esprit* »[31], a définies avec précision, en décrivant les sept pratiques, les sept travaux que doivent mener les chercheurs pour rendre compte du travail scientifique :

- « *mobiliser* », *i.e.* rassembler des éléments, des fragments du monde (animaux, plantes, fossiles, échantillons de toutes sortes), en transportant les traces de celui-ci dans un lieu quelconque ; ces traces sont mobiles car elles doivent pouvoir transporter des phénomènes dans l'espace et le temps, jusqu'au laboratoire. Elles ont sur ce point la même caractéristique générale que les documents, au sens documentaire classique de support de l'information, devant arracher celle-ci aux contraintes de l'espace et du temps ;
- « *fixer immuablement les formes* » : la conservation des traces, des images, des formes permet de réduire ou d'éviter les transformations inévitables des phénomènes étudiés. Les inscriptions sont donc des « mobiles immuables », permettant de figer et de transporter des phénomènes de la réalité ;

---

[30] P. FLICHY, *op. cit.*, p. 98

[31] B. LATOUR, « Les « Vues » de l'esprit. Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques », *art. cit.*

- « *aplatir* », ou comment mettre le monde sur une feuille de papier : les inscriptions scientifiques sont plates et permettent ainsi au chercheur de « dominer le monde » du regard ;
- « *varier l'échelle* » : pratique scientifique essentielle permettant de « *dominer l'infiniment grand et l'infiniment petit* ». Les inscriptions seules permettent de faire tenir le monde sur quelques centimètres carrés ;
- « *recombiner et superposer les traces* » : l'accumulation, l'assemblage de traces et d'inscriptions diverses permettent des recombinaisons sans fin, des superpositions, des comparaisons (par exemple les cartes géographiques combinables à volonté). C'est cette comparaison des traces, des fichiers et des inscriptions de toutes sortes qui ouvre les possibilités de nouvelles connexions, l'établissement de relations jusqu'alors invisibles. Les inscriptions sont donc combinables et superposables ;
- « *incorporer l'inscription dans un texte* » : les inscriptions (images, schémas, données, etc..) peuvent être incluses dans un texte, qui devient alors le « développement » de celles-ci et non leur simple commentaire. De nouvelles configurations sémiotiques peuvent naître de cette incorporation ;
- « *fusionner avec les mathématiques* » : les inscriptions scientifiques sont mathématisables, elles peuvent se traduire en figures géométriques (schémas, graphiques, diagrammes...), produisant ainsi une capitalisation des informations.

Avec les inscriptions scientifiques, nous sommes au coeur des « chaînes de traduction », des transformations d'énoncés par passage d'une inscription à une autre. Ce sont ces « cascades d'équivalences » (par exemple le passage d'un tracé à un tableau de chiffres, d'un tableau à un graphique, d'un graphique à un énoncé) qui permettent de traduire un phénomène quelconque (biologique, physique, économique, social) en un résultat scientifique, appelé lui-même à circuler et être débattu.

Toutes ces inscriptions sont donc considérées comme des intermédiaires de la constitution des réseaux scientifiques et techniques, permettant de matérialiser les innombrables interactions des acteurs.

Prenant plus spécifiquement l'exemple des textes scientifiques, Callon insiste sur la dimension réticulaire de ces intermédiaires : *« un texte scientifique constitue un dispositif qui établit des branchements et des connexions de toutes sortes avec d'autres textes et d'autres inscriptions littéraires »*[32]. Ainsi, le titre de la revue, le choix de la langue, le titre de l'article, les citations, les références sont des premières indications de description et de composition d'un réseau. Par

[32] M. CALLON, Réseaux technico-économiques et irréversibilités, *op. cit.*, p. 199

ailleurs, les mots, les concepts, les notions forment un réseau dans lequel les éléments s'entredéfinissent, se renvoient mutuellement, se transforment.

Ainsi *« le texte scientifique est un réseau à soi tout seul, dont il fournit la description »*.

Cette conception réticulaire du texte n'est certes pas nouvelle et elle avait déjà été formulée par Foucault dans *l'Archéologie du savoir*, où il mettait en question les frontières du livre et de l'oeuvre en tant qu'unité. *« Les marges d'un livre ne sont jamais nettes ni rigoureusement tranchées (....), il est pris dans un système de renvois à d'autres livres (...) : noeud dans un réseau.* »[33].

Au plan de l'approche des textes, Callon et Latour s'inscrivent donc dans tout un courant « hypertextuel » de la littérature et de l'écrit, marqué notamment par les figures de Foucault, Derrida, Deleuze, courant qu'ils prolongent dans le domaine des textes scientifiques.

2.3.2.2.2 Les dispositifs techniques comme réseaux

La description des objets, des dispositifs techniques est l'une des préoccupations constantes des sociologues de la traduction[34]. Reprenant la définition qu'en donnent Latour et Madeleine Akrich, selon qui les objets techniques peuvent être assimilés à un « *programme d'action coordonnant un ensemble de rôles complémentaires, tenus par des non-humains et par des humains ou d'autres non-humains qui en forment les périphériques ou les extensions »*[35], Callon en rappelle les règles de description.

Pour décrire ces « programmes d'action » caractérisant les artefacts, il convient de « *saisir le dispositif dans la dynamique de son fonctionnement* », afin « *d'identifier les différents organes ou acteurs qui interviennent* » et leurs relations.

Dans l'émergence d'un nouvel objet technique, deux phases importantes sont à privilégier pour la description des opérations de traduction :

- la phase d'élaboration et de contestation, pour laquelle s'impose le suivi des controverses, des débats entre ingénieurs. La description doit viser la mise à jour des choix sociaux et techniques, établis par les concepteurs lorsqu'ils « *répartissent les rôles à tenir entre le dispositif et son environnement* ». L'objet technique, pendant sa phase de définition, « *est en permanence*

---

[33] M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, op. cit., p. 34

[34] Sur cette question, voir Madeleine Akrich et notamment M. AKRICH, Comment décrire les objets techniques ?. *Techniques et Culture*, janvier-juin 1987, n° 9, p. 49-64

[35] M. CALLON, Réseaux technico-économiques et irréversibilités, *op. cit*., p. 200

replongé dans les contextes socio-économiques qu'on lui assigne, et qui constituent autant de mises en réseaux possibles. »[36].

- **la phase d'apprentissage** permet la mise à jour et la description des connexions et des conduites impliquées par le dispositif technique. On rejoint ici la problématique des usages et les notions de détournement, de réappropriation, de branchements opérés par les usagers.

De nombreuses traces écrites correspondent à ces « mises en texte » de l'artefact : normes, modes d'emploi, fonctions, signaux. *« Un artefact n'est jamais cet énigmatique et froid montage auquel on le réduit trop souvent »*[37]. Cette notion de programme d'action, auquel est assimilé un artefact, repose donc sur la capacité du dispositif à répartir les rôles entre des humains et des non-humains, à les relier ensemble en réseau.

2.3.2.2.3 Les compétences-réseaux

Il s'agit ici des compétences incorporées dans les individus, également inscrites dans des réseaux constitués d'humains, de textes, d'artefacts, sans lesquels elles ne pourraient s'exprimer. Les savoir-faire scientifiques, techniques, organisationnels des individus sont autant d'intermédiaires, qu'il s'agit de « mobiliser », d'associer, de connecter à d'autres entités.

2.3.2.2.4 La monnaie-réseau

Enfin, les crédits constituent la dernière catégorie des intermédiaires de l'activité scientifique et technique et remplissent deux grandes fonctions traditionnelles :

- en tant **qu'instrument d'échange**, la monnaie « *stabilise et sanctionne la relation que d'autres catégories d'intermédiaires proposent* », décrivant par là-même un réseau. Les crédits accordés permettent de mesurer la nature des relations entre différents acteurs, l'étendue de la reconnaissance attribuée.

- en tant que **réserve de valeur, ressource**, la monnaie exprime et traduit également les différentes relations qui définissent et lient divers acteurs hétérogènes. Le financement de travaux de recherche définit toute une série d'entités, d'objectifs et se traduit par des injonctions, des recommandations, des restrictions, distribuant de nouveau des rôles à d'autres entités à l'intérieur d'un réseau.

---

[36] *Ibid*., p. 201

[37] *Ibid*., p. 202

2.3.2.2.5 Des réseaux hybrides

Pour conclure sur cette notion capitale de la sociologie de la traduction, il faut souligner deux caractéristiques majeures des intermédiaires, que nous avons juste évoquées : leur **hybridité** et leur **réticularité**.

Callon insiste d'abord sur l'hybridité qui caractérise les intermédiaires dans le domaine scientifique et technique. Les intermédiaires qui circulent ne sont jamais « purs » : ainsi en est-il des textes qui accompagnent les autres catégories d'intermédiaires et les relient. Comment, par exemple, distinguer nettement les notes techniques, les notices, les rapports, voire les articles scientifiques des artefacts qu'ils décrivent ? *« Plus on li « t » et plus on li « e »* », affirme Callon pour marquer la nature hybride des traces et inscriptions scientifiques de toutes sortes et, au-delà, des écrits en général, dont la prolifération est l'un des symptômes majeurs de notre époque.

Mais une hybridation très forte caractérise également les intermédiaires humains et non-humains, comme le suggère Callon en prenant l'exemple des systèmes d'intelligence distribuée (les systèmes experts notamment) qui mobilisent indistinctement ingénieurs et ordinateurs.

« *L'impureté est la règle* », rappelle Callon qui, comme Bruno Latour, s'élève contre tous les « partages » de l'épistémologie traditionnelle.

Enfin, Callon ne cesse de souligner la deuxième caractéristique des intermédiaires : leur nature réticulaire. Chaque intermédiaire décrit un réseau, comme nous l'avons vu : un ensemble d'entités humaines ou non humaines, individuelles ou collectives et de relations entre ces entités.

Il en tire une double conséquence :

- théorique, sur la nature du lien social matérialisé par les intermédiaires. Les intermédiaires ne sont plus seulement les supports de l'interaction, comme l'enseigne l'économie. Ils sont inséparables des interactions, ils deviennent la condition même de la définition des acteurs : *« les acteurs s'entredéfinissent dans les intermédiaires qu'ils mettent en circulation* ».

Autrement dit, la société est construite par les techniques, le social « pur » n'existe pas et doit être pensé avec la foule des intermédiaires qui le composent.

- une conséquence méthodologique enfin : *« le social se lit dans les inscriptions qui cicatrisent les intermédiaires* ». On retrouve ici le deuxième terme du postulat commun à tous les modèles constructivistes de l'innovation : la technique est socialement construite, les « intermédiaires » (inscriptions, textes, artefacts) expriment et traduisent la société et les acteurs sociaux. La sociologie doit devenir une « science des inscriptions ».

2.3.2.3 Des acteurs à géométrie variable

Qu'est-ce qu'un acteur dans la sociologie de la traduction ?

La notion d'acteur, à la source d'une abondante littérature en sociologie (contrairement à celle d'intermédiaire, beaucoup plus spécifique au modèle de la traduction), est redéfinie et surtout considérablement élargie par rapport aux schémas « classiques » de l'acteur social.

Tout d'abord, alors que l'acteur est généralement défini comme un humain ou une organisation composée d'humains, dans la sociologie de la traduction, l'acteur est à « *ontologie variable* » : il peut s'agir d'un humain, d'une organisation, mais aussi d'une centrale nucléaire ou de tout artefact.

Ensuite, ce qui définit l'acteur dans cette approche n'est pas le fait qu'il soit à l'origine de l'action, que ce soit par décision stratégique (modèle du marionnettiste), ou par choix rationnel, par soumission à une idéologie (modèle de la marionnette), mais plutôt un mécanisme d'attribution. Pour Callon, l'acteur se définit comme « *toute entité (pouvant associer les différents éléments que nous avons eu l'occasion d 'énumérer...), qui définit et construit un monde peuplé d'autres entités, les dote d'une histoire, d'une identité et qualifie les relations qui les unissent*. »[38].

L'action est ainsi confondue avec l'élaboration des réseaux socio-techniques et l'acteur n'est pas défini *a priori* mais émerge du processus de construction du réseau.

Deux conséquences découlent de cette définition élargie de l'acteur.

En premier lieu, tout intermédiaire peut être considéré comme un acteur, dans la mesure où il produit des effets, des actions, où il lie et relie d'autres entités. *« Les actions, réussies on non, s'expriment dans les intermédiaires qui leur prêtent leur matière pour les faire exister »*, rappelle Callon, soulignant par là que l'action n'est possible que par la circulation de toutes sortes d'intermédiaires. A la limite, n'importe quel intermédiaire peut ainsi être considéré comme un acteur.

D'où la deuxième conséquence, sous forme de question : comment distinguer acteur et intermédiaire ? Par la notion **d'attribution**, répond Callon. *« Toute interaction inclut un mécanisme d'attribution des intermédiaires »* : la signature d'un texte, l'attribution des compétences, l'identification des droits d'auteur sont autant de mécanismes d'attribution, inscrits dans des intermédiaires.

Ainsi, *« un acteur est un intermédiaire auquel la mise en circulation d'autres intermédiaires est imputée »*[39]. L'acteur est vu comme un transformateur qui produit par diverses opérations « *une*

---

[38] M. CALLON, *art. cit.*, p. 205

[39] *Ibid.*, p. 206

génération N + 1 d'intermédiaires à partir d'une génération N » (ainsi un chercheur produit des textes à partir d'autres textes, une entreprise des machines à partir d'autres machines, etc..).

Cette définition renouvelée de l'acteur induit une conséquence théorique importante, illustrant de nouveau l'un des présupposés de la sociologie de la traduction : le refus du « discours des essences ». L'acteur ne se définit pas par une essence stable, qui le distingue nettement du « bas-monde » des intermédiaires. Dans le modèle de la traduction, il n'y a pas de séparation ontologique entre acteurs et intermédiaires.

La distinction se fait de manière empirique, dans la description, l'observation du réseau et surtout dans le choix du « point d'arrêt », autrement dit de « l'arrêt sur image ».

Callon prend l'exemple de la centrale nucléaire pour répondre à la question de savoir si (et comment) un dispositif technique peut devenir un acteur : *« existe-t-il un mécanisme d'attribution qui transforme la centrale nucléaire en acteur à part entière de tout ou partie des intermédiaires qu'elle met en circulation ?»*[40]. Pour lui, il s'agit là d'une question méthodologique et non « philosophique », à laquelle seule une enquête pourra répondre, en remontant et en suivant les différents réseaux qui composent une centrale nucléaire. Habituellement, on considère qu'une centrale nucléaire n'est qu'un maillon dans une chaîne plus longue, un intermédiaire dans un vaste réseau. Mais on peut aussi s'y arrêter, ne pas considérer tout le réseau présent derrière elle, et la considérer comme un groupement plus ou moins autonome d'entités hétérogènes. Le passage d'un groupement hybride « *de l'état d'acteur à celui d'intermédiaire* » (ou réciproquement) se fait par « *infime déplacement* ». C'est une question de « point d'arrêt » :

- si l'on s'arrête au groupement lui-même, on obtient l'acteur ;
- si l'on remonte le réseau à travers lui, on obtient l'intermédiaire.

Callon souligne la difficulté de la réponse et surtout sa possible ambiguïté, car nous pouvons nous retrouver là au coeur des controverses philosophiques sur la technique. En effet, si la centrale est décrite comme le maillon d'une chaîne remontant aux décideurs et qu'elle n'est seulement qu'un intermédiaire, alors nous pouvons être rassurés et les artefacts, les objets techniques, y compris les plus gros comme les centrales nucléaires, restent à leur place.

Mais que la centrale devienne un « acteur » à part entière, comme le montre la situation exceptionnelle de l'accident (Tchernobyl par exemple), alors le discours « ellulien » de La Technique comme acteur autonome peut reprendre ses droits : la technique devient une force aveugle, un acteur menaçant.

---

[40] *Ibid.*, p. 207

Sans entrer dans ces débats philosophiques, Callon nous indique qu'il peut s'agir, après tout, d'une simple question d'observation méthodologique. L'hypothèse que font les sociologues de la traduction reste toujours, en tout état de cause, celle « *d'une ontologie à contenu et à géométrie variables* », reposant sur l'hybridité de l'acteur comme de l'intermédiaire.

2.3.2.4 Les quatre étapes du processus de traduction

La traduction qualifie un processus et non un résultat, ce processus étant celui de l'innovation scientifique et technique.

L'ensemble d'un processus d'innovation est donc défini par le terme de traduction, qui désigne cette mise en réseaux progressive et toutes les micro et macro opérations de détournement, de captation des intérêts, des objectifs poursuivis par les uns et les autres. La négociation, la discussion, la controverse sont au coeur de ces opérations de traduction et l'innovation apparaît comme le résultat du règlement de ces controverses.

Ce processus de traduction se compose de quatre grandes étapes, qui peuvent se chevaucher, se recouper :

- **la problématisation** (ou « *reconstruction hypothétique d'un monde* »), désignant le mouvement par lequel un acteur définit un projet, formule un problème, cherche à devenir indispensable en construisant un système d'alliances entre plusieurs entités ;
- **l'intéressement des alliés,** qui caractérise les actions menées par cet acteur pour tenter *« d'imposer et de stabiliser l'identité des autres acteurs »*[41], au moyen de « *dispositifs d'intéressement* » les plus divers (textes, artefacts, organisations...) ;
- **l'enrôlement des alliés,** qui est un « *intéressement réussi* » et décrit les mécanismes d'attribution d'un rôle, d'une nouvelle définition, à des acteurs qui l'acceptent. Les alliés « s'alignent » donc sur les objectifs et selon les modalités qu'ils ont également contribué à définir ;
- enfin, **la mobilisation des alliés**, par la sélection de porte-parole, *« la mise en place d'une cascade d'intermédiations et d'équivalences »*[42], permet de tenir ensemble tous les acteurs et intermédiaires dans un réseau en voie de convergence et d'irréversibilisation.

Reprenons chacune de ces étapes.

---

[41] M. CALLON, Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc, *art. cit.*, p. 185

[42] D. VINCK, *op. cit.*, p. 206

2.3.2.4.1 La problématisation ou l'art de se rendre indispensable

Première étape du processus de traduction, la « problématisation » est d'abord une opération (ou un ensemble d'opérations) de définition, de formulation :

- **définition de territoires, de frontières et de relations entre ces territoires** : au départ d'un projet de recherche, les scientifiques ou les ingénieurs doivent « marquer des territoires », tracer des frontières (entre ce qui relève des sciences et ce qui n'en relève pas) ;
- **délimitation de problèmes** : quel problème technique ou scientifique à résoudre (par exemple comment améliorer le temps d'accès à l'ordinateur, dans l'exemple du *time-sharing*) ;
- **définition d'entités** (objets, humains, textes, organisations) et **des relations entre ces entités** : quels contenus scientifiques et techniques, quelles références, sur quelles forces s'appuyer, etc..

Dans cette étape, les innovateurs (scientifiques, ingénieurs à l'origine d'un processus d'innovation) ne définissent ni plus ni moins qu'une nouvelle réalité, encore hypothétique, un nouveau monde, marqué par de nouveaux agencements, de nouveaux liens entre les entités qui le peuplent. Dès ce premier moment du processus d'innovation, les éléments techniques, humains, sociaux, naturels sont étroitement imbriqués, entremêlés. Pour désigner l'imbrication de ces différents aspects dans cette esquisse de réseau d'entités hétérogènes, Michel Callon parle « *d'articulation socio-logique* ».

Les problématisations, qui correspondent généralement à des projets, à des problèmes ou des programmes de recherche sont propres à chaque acteur : il n'y a donc pas de différence entre un acteur et sa problématisation. Et l'identification de l'une et de l'autre se fait d'un même mouvement.

Tous les acteurs impliqués dans cette définition d'une nouvelle réalité luttent pour imposer leur définition, leur construction d'une réalité et vont s'efforcer de mobiliser l'attention des autres acteurs.

« *La problématisation est donc un mouvement par lequel un acteur cherche à se rendre indispensable à d'autres* »[43]. Il s'agit, pour un acteur, de convaincre d'autres acteurs que la solution à leur problème, ou au problème que l'acteur a réussi à poser comme incontournable, passe par le projet, l'idée, le procédé défendu. Autrement dit, l'acteur et sa problématisation doivent devenir *des points de passage obligés* pour les autres.

---

[43] D. VINCK, *op. cit.*, p. 203

Une problématisation est donc plus que la simple définition, la formulation d'un problème à résoudre, fût-il nouveau : elle implique déjà de « traduire » les intérêts, les projets des autres dans le sens souhaité, elle opère des déplacements, elle indique des alliances, des associations nécessaires, des détournements de parcours.

On retrouverait ici une conception « machiavélique » de l'acteur de l'innovation, qui a été souvent reprochée à Callon et Latour : celle de « l'acteur-stratège », manipulateur et calculateur. Cette critique nous semble réductrice et se laisse prendre aux apparences du vocabulaire, quelque peu « guerrier » il est vrai, de la traduction.
En effet, pour Callon et Latour, les « acteurs » en question, qui animent ces problématisations, ne sont pas forcément des humains ni même des organisations : en appliquant le principe de symétrie généralisée, il peut s'agir aussi bien d'objet technique, d'être vivant, artificiel. Derrière cette idée du *point de passage obligé* par lequel un acteur cherche à devenir indispensable aux autres, il ne faut donc pas voir forcément un sujet conscient et manipulateur. La problématisation caractérise, comme toutes les étapes du processus de traduction, des mouvements, des processus, par lesquels des acteurs, humains ou non, deviennent indispensables aux autres.

Notons enfin que cette étape de la problématisation est précisément celle de la définition ou de l'entre-définition des acteurs, au sens donné par Latour et Callon, d'entités qui en rendent d'autres dépendantes. Aussi la problématisation est-elle constituée de négociations constantes sur l'identité, la taille, les propriétés, les intérêts des acteurs et actants concernés.

2.3.2.4.2 L'intéressement comme interposition

La seconde étape du processus de la traduction est celle de « l'intéressement des alliés ».
Dans la problématisation, nous sommes encore au stade hypothétique d'une nouvelle réalité. Le nouvel objet technique, la nouvelle théorie, le nouveau procédé sont encore dans les limbes, presque à l'état virtuel. Il existe ainsi différents degrés de réalisation d'une problématisation et les processus de réalisation ou d'irréalisation seront fonction des situations, des événements et surtout des épreuves de force traversées par les associations du réseau. Pour les acteurs concernés par la problématisation, il s'agit alors de faire passer celle-ci par différents « états » de réalité, conçue ici comme un processus et non un résultat donné.

Il faut donc élargir et surtout renforcer, stabiliser, *éprouver* l'articulation socio-logique en émergence, *i.e.* avant tout transformer celle-ci en un réseau de plus en plus serré. Callon et Latour parlent, pour cette étape, *d'intéressement des alliés*, qu'ils définissent ainsi : .

> *« L'intéressement est l'ensemble des actions par lesquelles une entité s'efforce d'imposer et de stabiliser l'identité des autres acteurs qu'elle a définis par sa problématisation. »*[44].

Cette notion d'intéressement est prise ici dans son sens étymologique, *inter esse* signifiant se placer entre, s'interposer. Dans la sociologie de la traduction, l'intéressement consiste donc à se placer entre les autres entités ou acteurs, à défaire les anciens liens pour en tisser de nouveaux : il s'agit de réaliser le réseau d'alliances, conçu à l'étape de la problématisation. Cela passe obligatoirement par toutes sortes de dispositifs matériels, *d'intermédiaires*, appelés « *dispositifs d'intéressement* ».

La création de « dispositifs d'intéressement » par les acteurs vise donc à détourner les autres de leurs objectifs, à rompre les liens des autres associations. Les exemples de tels dispositifs sont infinis, car ils peuvent prendre toutes les formes possibles : discours, textes scientifiques, artefacts, procédés techniques, organisations, moyens de communication, capteurs de toutes sortes, procédés de rhétorique... Ce sont ces dispositifs d'intéressement qui permettent de faire tenir les chaînes de traduction, de constituer les réseaux technico-scientifiques :.

> *« Dans tous les cas le dispositif d'intéressement fixe les entités à enrôler, tout en interrompant d'éventuelles associations concurrentes et en construisant un système d'alliances. Des structures sociales prennent forme, composées à la fois d'entités naturelles et humaines. »*[45]

2.3.2.4.3 L'enrôlement ou l'alignement des alliés

Le détournement, la capture d'autres entités (acteurs humains ou non-humains) dans une nouvelle configuration, ne suffit pas à garantir la solidité du réseau en émergence. Encore faut-il que ces entités, ces « alliés » acceptent le nouveau rôle qui leur est attribué. Le vocabulaire de la sociologie de la traduction se fait ici militaire et parle « d'enrôlement ». :

> *« L'enrôlement désigne le mécanisme par lequel un rôle est défini et attribué à un acteur qui l'accepte. l'enrôlement est un intéressement réussi. »*[46].

Il n'y a pas de rôles préétablis, ceux-ci sont construits en même temps que sont enrôlés les acteurs. L'intéressement et l'enrôlement des alliés sont donc deux étapes du processus de

---

[44] M. CALLON, *art. cit.*, p. 185

[45] *Ibid.*, p. 189

[46] *Ibid.*, p. 189

traduction difficiles à distinguer : l'enrôlement vient seulement confirmer le succès des opérations d'intéressement.

2.3.2.4.4 La mobilisation des alliés : mise en circulation plutôt que mise sur le pied de guerre

On a beaucoup reproché à la sociologie de la traduction de présenter une métaphore guerrière de l'innovation, de proposer une vision des sciences et des techniques où l'emporteraient les ruses, la manipulation, l'enrôlement et maintenant la « mobilisation » des autres, au service des objectifs d'un acteur plus « stratégique » que ses concurrents. Certes, cette conception pragmatique de l'innovation, où le sort des énoncés est entre les mains des autres et doit faire l'objet de négociations constantes, peut accréditer une vision machiavélique.

Pourtant, nous réaffirmons l'idée que cette critique se fonde sur une interprétation hâtive des notions de la traduction, s'arrêtant le plus souvent sur le sens commun des termes utilisés, comme le montre l'exemple de la dernière étape, « la mobilisation des alliés », qu'il ne faut pas prendre au pied de la lettre.

Ainsi, la mobilisation des alliés doit être entendue ici dans le sens le plus proche de l'étymologie : mobiliser, à l'origine, signifie rendre mobile, avant de servir au vocabulaire guerrier ou militant. On retrouve l'idée centrale de déplacement des multiples entités qui composent le processus d'innovation.

Mobiliser des entités, préalablement « intéressées et enrôlées », signifie donc les rendre mobiles, les déplacer, les rassembler et ce, par la désignation de « porte-parole », la sélection d'intermédiaires, la mise en place « *d'une cascade d'intermédiations et d'équivalences » entre eux* pour réduire la multitude des entités. Qu'est-ce à dire ?

L'exemple du travail scientifique est éclairant pour comprendre cette notion de « mobilisation ». Latour a très bien montré le rôle crucial des images et des instruments scientifiques dans l'élaboration de la science, comme nous l'avons vu plus haut[47]. Le travail du scientifique ne se fait pas directement dans la nature et passe par le détour du laboratoire, par le travail sur des représentations et des représentants de la nature, des traces, des objets-images (échantillons, instruments scientifiques, cartes, objets).

Ces représentants (de la nature, de la société, des autres acteurs), matérialisés dans différents types d'« intermédiaires », permettent au scientifique de « *faire venir le monde* » dans son laboratoire : ces intermédiaires sont assimilés ici à des *porte-parole*, *i.e.* des entités parlant au nom d'autres entités, permettant de réduire leur multitude et leur hétérogénéité en un petit

[47] Voir aussi : B. LATOUR, Le Travail de l'image ou l'intelligence scientifique redistribuée, *Culture Technique*, 1991, n° 22, p. 12-24

nombre d'entités homogènes et mieux contrôlables. Mais les « porte-parole » des multiples entités qui peuplent le réseau en voie d'émergence sont également des humains (par exemple des individus occupant une position-clé de représentant), des organisations, etc..

Ces porte-parole ne se constituent qu'au terme de longues séries d'équivalences, de longues chaînes de traduction, dans lesquelles la multitude hétérogène des entités finit par se concentrer en un point, mobile et mobilisable.

La mobilisation des alliés consiste donc à créer ces longues chaînes.

> *« Par la désignation de porte-parole successifs et par la mise en place des équivalences qu'ils établissent, tous ces acteurs ont été déplacés et rassemblés au même moment, en un seul lieu. Cette mobilisation, cette concentration, au-delà du système d'alliances qu'elle constitue, a une réalité bien physique. Elle se matérialise par toute une série de déplacements. »*[48].

Comme l'indique Vinck, « *la notion de chaîne de traduction décrit la série des déplacements et des mises en équivalence nécessaires pour produire un objet ou un énoncé* »[49] : un énoncé se réfère à d'autres énoncés, d'autres chercheurs, d'autres objets.

C'est avec cette dernière étape du processus (qui ne se laisse pas saisir facilement et qui demanderait à être illustrée[50]), que Callon et Latour réalisent cette extension de la notion de traduction, que nous avions évoquée au début : la traduction n'est plus seulement un processus de traduction d'un énoncé ou d'un problème dans un autre, elle consiste à convertir la multitude en un point et à la déplacer en bougeant ce point (notion de translation).

2.3.2.4.5 Retour sur la notion de traduction

Traduire, c'est à la fois convertir et déplacer. Pour Callon, il faut donc distinguer **deux significations de la traduction**, à travers l'expression « A traduit B ».

La première dimension renverrait au sens habituel, linguistique du terme et signifie ici **une définition**. « *A traduit B* » signifie donc que A *définit* B, qui peut être n'importe quelle entité (un humain, un non-humain, une entité collective, individuelle). Le libre choix possible est laissé à A pour la définition de B et de ses qualités et attributs ; mais le choix de A résultera aussi lui-même de toute une série préalable d'opérations de traduction.

---

[48] M. CALLON, Eléments pour une sociologie de la traduction., *art.cit.*, p. 197

[49] D. VINCK, *Sociologie des sciences, op. cit.*, p. 206

[50] Pour une illustration, au sens propre du terme, de ces cascades de transformations et de déplacements d'entités, voir le superbe livre sur Paris, composé de photographies d'Emilie Hermant et de textes de Bruno Latour, suivant « à la trace » les divers dispositifs et objets techniques qui structurent l'univers parisien : B. LATOUR, E. HERMANT, *Paris ville invisible*, La Découverte, Institut Synthélabo, 1998 (Les Empêcheurs de penser en rond)

Un acteur traduit plusieurs autres acteurs, entre lesquels il va établir des relations. Par exemple, A traduit B, C, D, E, qui sont entre-définis par A : B dépendra des relations que A lui propose avec C, etc.. Et A s'auto-définit en définissant les autres.
La traduction est avant tout une opération d'entre-définition des acteurs.

Mais ces définitions doivent être matérialisées et nous touchons ici à la deuxième dimension de la notion de traduction : les définitions s'inscrivent toujours dans des intermédiaires : textes, artefacts, compétences incorporées. La dimension matérielle de la traduction est absolument essentielle et sans elle, « *parler de traduction en général n'a pas de sens ; il faut immédiatement préciser le support, le matériau dans lequel elle est inscrite*. »[51].
La traduction repose donc sur le triptyque **A → I → B,** dans lequel I (l'Intermédiaire) est opérateur de la traduction, ou encore dispositif d'intéressement.
« A traduit B », par exemple lorsque A est une entreprise qui conçoit une machine (I) pour un utilisateur B, qui devra occuper le rôle prévu pour lui.
Citons encore Callon : *« La traduction place au coeur de l'analyse l'entredéfinition des acteurs et son inscription dans des intermédiaires. »*[52]. Il s'agit de toujours relier les interactions entre acteurs (opérations de définition, d'attribution de rôles, etc..) aux supports matériels, aux intermédiaires qui permettent et incarnent cette interaction.
Les réseaux sont donc des enchaînements de traductions. Et l'observation des « acteurs-réseaux » se doit de décrire avant tout les points de connexion, les chemins par où passent les associations, les rencontres contingentes. Comme le souligne Dominique Vinck, dans la théorie de l'acteur-réseau, la distance est liée au chemin et non à l'éloignement « réel » ou géométrique. Deux points, très éloignés par la distance euclidienne, peuvent se trouver très proches dans une configuration de type « acteur-réseau », s'ils sont liés par une relation de traduction :

> *« Les points (objet, mot, texte, individu, groupe, etc..) qui articulent des univers ou des réseaux ont alors une grande importance. Ils sont véritablement des acteurs en ce sens qu'ils associent d'autres points. »*[53].

La théorie de l'acteur-réseau renouvelle ici la métaphore de « la pâte à pain » de Deleuze, expliquée lors d'un entretien de « l'Abécédaire de Deleuze », dans laquelle deux points, géométriquement très éloignés, peuvent se retrouver contigus par le jeu des pliages successifs.
Logique de réseau *vs* logique de l'espace.

---

[51] M. CALLON, Réseaux technico-économiques et irréversibilités, *op. cit.*, p. 210

[52] M. CALLON, Réseaux technico-économiques et irréversibilités, *op. cit.*, p. 210

[53] D. VINCK, *op. cit.*, p. 209

2.3.2.5 La figure du réseau et ses différents niveaux d'utilisation

L'on a vu à quel point la notion de réseau est au coeur de la sociologie de la traduction. Cette notion se décline de toutes les manières possibles et revêt au moins trois dimensions :

- **une dimension descriptive** : le réseau caractérise et décrit d'autres notions essentielles, comme celle d'intermédiaires et d'acteurs, que nous avons vues. Le réseau est donc avant tout objet de description et observer les processus d'innovation technique et scientifique revient à observer et décrire différents réseaux ;
- **une dimension conceptuelle :** la notion de réseau, principe explicatif des processus d'innovation, a servi à élaborer des concepts ou des notions spécifiques, propres à la sociologie de la traduction, comme la notion « d'acteur-réseau », de « Réseau Technico-Economique (RTE) » (Callon), les notions de réseaux longs, réseaux courts ;
- enfin, **une dimension générale, théorique ou philosophique** : le réseau est le modèle de référence, voire le nouveau paradigme, la figure obligée de toute approche des sciences et des techniques, de l'innovation et, au-delà, du social, du cognitif.

Tout est affaire de réseau, nous disent les sociologues de la traduction, s'inscrivant ainsi eux-mêmes dans le courant d'une philosophie immanentiste, dont la célèbre métaphore du rhizome de Deleuze-Guattari est l'une des figures emblématiques.

Nous proposons de dresser ici une échelle à quatre niveaux, permettant de résumer l'utilisation de cette métaphore du réseau dans la sociologie de la traduction.

2.3.2.5.1 Les intermédiaires-réseaux

Au niveau le plus élémentaire interviennent les « intermédiaires » : textes, compétences, artefacts, crédits, etc..

Ces intermédiaires qui circulent, matérialisent les interactions et conditionnent l'entre-définition des acteurs, sont de nature réticulaire, comme nous l'avons souligné. Callon parle de « textes-réseaux », de dispositifs techniques comme réseaux, de « compétences-réseaux », de « monnaie-réseau ». L'idée essentielle, énoncée par Callon (et aussi par Latour), est bien que « *chaque intermédiaire (...) décrit et compose, à lui tout seul, un réseau dont il est en quelque sorte le support et l'ordonnateur*.»[54].

[54] *Ibid*., p. 199

2.3.2.5.2 L'agrégation d'intermédiaires autour d'un acteur : le niveau de l'articulation socio-logique

Selon la définition de Callon, nous avons vu qu'un acteur pouvait être « *toute entité pouvant associer différents éléments (...), qui définit et construit un monde peuplé d'autres entités...* ».

Sans revenir sur cette définition de l'acteur, nous voulons pointer ici ce qui peut apparaître comme un deuxième niveau de réticularité, à savoir le début de réseau que va constituer autour de lui un acteur.

Car ce qui définit un acteur, c'est précisément sa capacité à associer, à relier autour de lui (de ses idées, de ses projets) différents éléments, différents intermédiaires. Cette première association, désignée par Callon sous l'appellation « d'articulation socio-logique », correspond, nous l'avons vu, à la première phase de la « problématisation ».

L'association d'intermédiaires, ou *articulation socio-logique*, constitue ainsi un réseau en émergence, non stabilisé, reliant des entités de toutes natures, autour d'une nouvelle réalité définie par un acteur.

L'articulation socio-logique constitue ainsi une sorte de deuxième niveau de réticularité dans le processus d'innovation. Elle exprimerait ce stade encore incertain de la première définition d'une nouvelle réalité en émergence.

2.3.2.5.3 Le troisième niveau de « l'acteur-réseau »

La notion d'acteur-réseau sert souvent à qualifier le courant de l'Ecole des Mines : « sociologie de la traduction » ou « théorie de l'acteur-réseau » sont devenues les appellations, plus ou moins contrôlées, de cette approche des technosciences.

Qu'est-ce qu'un « acteur-réseau » ?

Pour Callon, tout acteur qui réussit à capter autour de lui d'autres entités (*i.e.* des intermédiaires de toutes sortes), qui a pu devenir un « porte-parole » de ces entités, qui a redéfini le rôle et l'identité de ces « alliés » dessine et élabore un nouveau réseau socio-technique, un monde nouveau, un « acteur-réseau ».

L'acteur-réseau est le fruit d'un grand nombre d'opérations de traduction, visant à associer, de manière irréversible, des éléments hétérogènes et dispersés. Ainsi la notion d'acteur-réseau peut-elle qualifier ce stade de l'émergence et de la naissance d'une nouvelle organisation, d'un laboratoire de recherche, d'un nouvel artefact, cette étape où les connexions établies pour former des articulations socio-logiques, finissent par constituer un réseau autonome, agissant à son tour

comme un acteur. L'acteur-réseau, dans cette perspective, est le produit, le **résultat du processus de traduction**, il exprime, non point le stade ultime de l'innovation, mais son émergence en tant que nouvelle réalité concrète.

Mais où commence, où s'arrête la description des « acteurs-réseaux », comment les caractériser, les délimiter avec précision ? Callon définit l'acteur-réseau par l'équation suivante :

- un acteur (A) définit et distribue dans des rôles imposés des intermédiaires (de rang N), qui sont transformés par ces définitions et ces attributions en intermédiaires de rang N + 1 ;
- ces intermédiaires, définis et regroupés par A, forment une série *d'entités-groupements* (ou encore *d'articulations socio-logiques*) B, C, E, F, H, K..., composées d'acteurs ou d'intermédiaires, humains ou non-humains ;
- ces entités sont liées par des relations, notées r^1, r^2, r^3 ..., relations également définies par A.

Au final, l'acteur-réseau ainsi constitué par A, s'exprime sous la forme suivante :

R(A) (ou Acteur-Réseau) = B r^1C, C r^2E, F r^3H, Kr^4N... Callon fournit une définition essentielle, qui permet de mieux saisir le caractère très ouvert et volontairement imprécis de cette notion d'acteur-réseau :

> *« R(A) n'est rien d'autre que l'action elle-même qui construit des réseaux (soit pour consolider ceux qui existent déjà, soit pour en faire émerger de nouveaux), en mettant en circulation des intermédiaires... »*[55].

Un acteur-réseau est ainsi un réseau constitué et agissant à son tour comme un acteur à part entière.

Sans que Callon établisse une quelconque hiérarchie entre ces différentes figures du réseau, il nous semble néanmoins possible de voir dans « l'acteur-réseau » un stade supérieur (ou une étape plus avancée) à celui de « l'articulation socio-logique », ce qui nous autorise à le considérer comme une sorte de troisième niveau de réseau dans les processus d'innovation.

2.3.2.5.4 Les « Réseaux Technico-Economiques » comme dernier niveau des réseaux de l'innovation

Avec les *Réseaux Technico-Economiques* (appelés RTE), nous arrivons, en quelque sorte, au dernier échelon, au niveau « macro » de la figure du réseau dans les technosciences. La notion de RTE exprime en effet l'idée-force de Callon de la science et de la technologie en tant qu'agrégation de réseaux hétérogènes.

A la suite de Callon, D. Vinck en donne la définition suivante :

---

[55] M. CALLON, *Les Figures de l'irréversibilité, op. cit.,* p. 209

> *« Nous appelons réseau technico- économique un ensemble coordonné d'acteurs hétérogènes : laboratoires, centres de recherche technique, entreprises, organismes financiers, usagers et .... pouvoirs publics qui participent collectivement à l'élaboration et à la diffusion des innovations et qui, à travers de nombreuses interactions, organisent les rapports entre recherche scientifico-technique et marché. Ces réseaux évoluent au cours du temps et leur géométrie varie en même temps que l'identité des acteurs qui les constituent. Un réseau ne se limite pas aux seuls acteurs (hétérogènes) qui le constituent. Entre ceux-ci circule tout un ensemble d'intermédiaires qui donnent un contenu matériel aux liens qui les unissent (...) »*[56].

Ainsi le RTE vient-il « coiffer » tous les différents acteurs-réseaux qui ont émergé au cours du processus d'innovation. « *De l'agrégation-composition de tous ces acteurs-réseaux peut résulter un réseau, en général polycentré* »[57].

Ce quadruple étagement de la notion de réseau que nous avons pris la liberté de proposer permet ainsi de couvrir tous les micro- ou macro- processus de construction des technosciences. Mais ces différents niveaux ne sont pas forcément hiérarchisés, contrairement à ce qu'une interprétation trop rapide pourrait laisser croire. Ces quatre « niveaux » de réseaux correspondent plutôt à des différences d'échelle, à des hiérarchies enchevêtrées. Ils témoignent surtout d'une conception des sciences et des techniques comme processus continu de construction de réseaux de toutes sortes.

Ainsi les RTE ne sont eux-mêmes que des « acteurs-réseaux » parmi d'autres, ils sont simplement d'une taille plus grande et se composent de trois pôles.

2.3.2.5.5 Les trois pôles des RTE

Pour Callon et Vinck, les RTE sont organisés autour de trois pôles, **le pôle scientifique, le pôle technique et le pôle marché**, se distinguant « *à la fois par l'identité des acteurs qui les constituent et par les types d'intermédiaires que ces acteurs mettent en circulation* »[58].

Le pôle scientifique (que Callon nomme **S**) produit des connaissances certifiées, essentiellement sous la forme d'articles dans les revues scientifiques. La notion de certification des connaissances est essentielle, car elle renvoie au degré d'acceptation des connaissances dans leur environnement. Le pôle scientifique comprend des centres de recherche, des laboratoires publics ou privés, des laboratoires d'entreprises. Les intermédiaires qui y circulent, outre les articles et

---

[56] D. VINCK, (sous la coord. de), *Gestion de la recherche. Nouveaux problèmes, nouveaux outils*, De Boeck-Wesmael, 1991, p. 280

[57] M. CALLON, *Les Figures de l'irréversibilité, op. cit.*, p. 211

[58] D. VINCK (sous la coord. de), *Gestion de la recherche. Nouveaux problèmes, nouveaux outils, op. cit.*, p. 281

les textes scientifiques, sont des rapports, des notes de travail, des instruments (dispositifs techniques), des compétences incorporées...

Le pôle technique (**T**) assure la « *conception et l'élaboration de dispositifs matériels dotés d'une cohérence propre* » (assurant fiabilité et durabilité). Responsable de la production des artefacts, des maquettes, des brevets, des normes, ce pôle technique comprend les laboratoires techniques, les usines pilotes. D'autres types d'intermédiaires y circulent : logiciels de simulation, brevets, pilotes, prototypes, normes, règles de l'art, méthodes.

Enfin le pôle marché (**M**) regroupe les utilisateurs, les usagers, exprimant des besoins et s'efforçant de les satisfaire. Différent du marché économique, il est surtout composé du marché des praticiens, décrivant l'état de la demande. Il est par là-même plus difficile à délimiter que les deux premiers, étant composé d'acteurs plus hétérogènes, dispersés (les « usagers » sont infiniment plus diversifiés que la communauté des scientifiques ou des ingénieurs). Les intermédiaires qui y circulent sont la monnaie (intermédiaire privilégié), mais aussi les informations et signaux plus ou moins explicites exprimant les besoins, les remarques, les désirs des usagers.

Des **activités d'intermédiation** vont venir relier ces trois pôles, activités de deux sortes et s'exerçant de manière unidirectionnelle :

- **du pôle scientifique vers le pôle technique :** des opérations, notées **ST**, de transfert de connaissances scientifiques dans les techniques. Ces opérations peuvent prendre la forme de compétences incorporées, de dispositifs expérimentaux, de contrats.
- **du pôle technique vers le pôle marché** (**TM**) : des activités de développement-distribution, caractérisées par la mobilisation des techniques sur le marché ; matérialisées dans des procédés, des produits, elles sont généralement à la charge des entreprises du pôle technique.

Ainsi, ces trois pôles que tout sépare, tant ils sont étrangers l'un à l'autre, vont pourtant voir « *la création d'un espace commun et unifié* ». Leur interconnexion, par toutes sortes de points de leurs réseaux respectifs, donnera lieu à la constitution d'un vaste réseau, dont il faudra éprouver la solidité et l'étendue.

Le tableau de la page suivante présente ces trois pôles des Réseaux Technico-Economiques avec leurs principales composantes.

Les RESEAUX TECHNICO- ECONOMIQUES

Il faut insister sur le caractère mouvant des frontières entre les trois pôles : s'ils renvoient chacun à des univers sociaux, sociotechniques et culturels différents, il existe néanmoins beaucoup de chevauchements entre eux. Aussi est-il nécessaire de bien distinguer, d'une part les acteurs et intermédiaires, d'autre part les formes organisationnelles dans lesquelles ils entrent.

Pour la description de telles configurations, la notion de réseau, en tant que principe explicatif, révèle ici toute sa fécondité heuristique. Elle permet en effet d'éviter l'enfermement dans les cadres institutionnels et les découpages préétablis par la recomposition des alliances hétérogènes entre les différents acteurs et pôles, la prise en compte prioritaire des relations. De même, la figure du réseau permet de mettre en évidence « *la mobilité des alliances, la volatilité des configurations, la multiplicité des modes de coordination* ».

Enfin, elle évite le risque de simplification : la naissance d'une idée ou d'un projet peut naître en tout point du réseau, la réalisation d'un projet entraîne une reconfiguration, une déformation du réseau avec les progrès de l'innovation. Autrement dit, la « *dynamique du RTE colle à celle du processus d'innovation* »[59].

Mais comment relier et concilier des acteurs-réseaux hétérogènes ? Qu'est-ce qui les fait tenir ensemble ? Qu'est-ce qui assure la solidité, la robustesse d'un réseau au point qu'il finit par devenir durable, irréversible ?

2.3.2.6 La question de l'irréversibilité

Nous terminerons cet exposé de la théorie de la traduction par la question, cruciale entre toutes, de l'irréversibilité des réseaux. Autrement dit par ce qui constitue vraiment la réalité de l'innovation. A quelles conditions une innovation, incarnée par un réseau technico-économique, acquiert-elle une réalité irréversible, créant un nouveau monde autour d'elle ?

La question de l'irréversibilité est sans doute l'une des questions les plus importantes et les plus paradoxales qui se posent aux technosciences, comme le souligne Michel Callon qui rappelle le paradoxe majeur du couple irréversibilité/ réversibilité :

- d'un côté, les technologies constituent les irréversibilités les plus contraignantes pour le reste de la société, elles prédéterminent les évolutions à venir, elles orientent les possibilités de changement, etc.

[59] D. VINCK (sous la coord. de), *Gestion de la recherche, op. cit.*, p. 281

- mais d'un autre côté, les mêmes technologies « *sont également à l'origine de transformations et d'incertitudes radicales* »[60] : à partir d'un système technologique défini, des inventions imprévisibles, de nouveaux mondes peuvent survenir, des processus incertains d'innovation vont apparaître.

Internet incarne parfaitement et ce, dès l'origine, ce paradoxe d'un système de contraintes générant de l'incertitude, d'une irréversibilité qui crée de la réversibilité, puisque son développement, loin d'être achevé, est au contraire marqué par des évolutions sociotechniques constantes qui viennent en diversifier à l'infini les options et les devenirs.

Quels sont les mécanismes de ces processus ? Callon distingue deux grandes phases dans l'irréversibilisation d'un RTE : la convergence et l'irréversibilité proprement dite.

2.3.2.6.1 Les deux « critères de convergence » des réseaux

Le sens commun reconnaît un réseau solide d'un réseau fragile à la force des liens qui unissent les points du réseau. On peut appeler cette force des liens le « degré de convergence » du réseau. Mais comment cerner plus précisément ce qui fait cette convergence ?

Callon propose la définition suivante de la notion de convergence :

> *« elle est destinée à saisir le degré d'accord engendré par une série de traductions et par les intermédiaires de toutes sortes qui les opérent, en même temps qu'elle permet de repérer les frontières d'un réseau technico-économique. »* [61]

Comment se mesure cette convergence ? Par deux critères : **l'alignement des entités** et la **coordination des traductions** qui composent le réseau.

2.3.2.6.1.1 La notion d'alignement

L'alignement est une opération réussie de traduction, lorsque trois acteurs partagent le même espace, la même définition. Callon repart de la traduction élémentaire : **A → I → B,** entre trois acteurs : A traduit B par l'intermédiaire I. Deux possibilités s'offrent alors :

- soit la traduction échoue, en cas de désaccords ou de conflit entre A et B (B peut refuser la « définition » que A donne de lui, ou contester l'intermédiaire). La traduction « désaligne » alors les acteurs, qui retournent dans leur incommunicabilité.

---

[60] M. CALLON, *Les Figures de l'irréversibilité, op. cit.,* p. 195

[61] M. CALLON, *art. cit*., p. 211

- soit la traduction réussit : l'accord est général entre les entités, un espace commun est créé, une équivalence existe et la traduction « aligne » alors les acteurs.

Ce que dit A de B ou de I n'est pas différent de ce que dit B de A ou de I : il y a équivalence totale, isotropie, *i.e.* alignement.

Un réseau peut se constituer dès lors qu'il y a alignement de trois acteurs (A, B, C) par intermédiaires interposés et sa construction obéit à la logique propre des traductions.

Différents degrés d'alignement du réseau peuvent être distingués :

- un alignement fort, si les acteurs sont alignés en tout point par les traductions ;
- un alignement faible, en cas de discordance sur un point de la traduction.

L'alignement de tous les points du réseau est donc l'une des conditions-clé de la convergence de celui-ci : il signifie que tous les acteurs, tous les points du réseau, partagent les mêmes définitions sur l'identité et le rôle de chacun. Mais l'alignement ne suffit pas pour rendre un réseau convergent.

2.3.2.6.1.2 La coordination du réseau

Dans toute traduction interviennent des « procès d'attribution », permettant d'attribuer à tel ou tel groupement d'entités les intermédiaires en circulation. Ces procès d'attribution, qui accompagnent et définissent les traductions, dépendent d'un certain nombre de règles et de conventions. Les traductions qui lient les acteurs et actants les uns aux autres reposent donc sur un ensemble de règles tacites ou explicites. Callon distingue trois ensembles de conventions qui encadrent une traduction :

- **les règles qui définissent l'identité des acteurs** : dans la traduction : A > I > B, pourquoi et comment A est-il fondé à se considérer (ou à être considéré) comme acteur ? Pensons par exemple aux règles de définition de la personnalité morale attribuée à une entreprise, aux règles sur la propriété industrielle, etc.. Autrement dit, pour qu'une traduction soit réussie, encore faut-il que l'acteur, qui en est à l'origine, puisse « mobiliser » toutes les règles, implicites ou non, qui l'autorisent à vouloir opérer la dite traduction.
- le deuxième ensemble de règles porte « ***sur l'attribution d'une série donnée d'intermédiaires à un acteur donné*** ». Comment attribuer I à A ? L'attribution d'un intermédiaire (par exemple la découverte d'un nouveau procédé) obéit à des règles très strictes, plus ou moins explicites, qui définissent la qualité d'acteur. Le droit de la propriété industrielle, le droit d'auteur sont des exemples de telles conventions.

- le troisième ensemble de règles concerne **les régulations codifiant « *l'espace des dénonciations* » possibles de A.** L'identité de A en tant qu'acteur a bien été reconnue, l'intermédiaire I lui est bien attribué, mais pour que A soit autorisé à s'exprimer au nom de B (donc à traduire B), encore faut-il que sa position de « représentant », de porte-parole, soit admise dans l'espace concerné. Cet ensemble de conventions concerne donc tous les problèmes de la désignation, de la légitimation des représentants.

Des acteurs à l'identité reconnue, des intermédiaires dont l'attribution n'est pas contestée, des porte-parole légitimés : ces trois ensembles de conventions visent le même résultat : la raréfaction de « *l'univers des acteurs possibles, en organisant l'attribution et en délimitant les traductions stabilisables.* »[62].

Callon nomme ces régulations qui codifient la traduction « *formes de coordination* », spécifiées en **coordinations à portée générale** (comme les lois par exemple) **et coordinations à portée locale** (une convention collective par exemple).

Tout comme l'alignement des entités, les coordinations d'une traduction peuvent être plus ou moins fortes ou faibles :

- elles sont fortes si l'univers des traductions possibles est raréfié, ce qui signifie une plus grande prévisibilité des réseaux ;
- elles sont faibles en cas de foisonnement des associations.

2.3.2.6.1.3 Réseaux convergents ou dispersés

L'observateur, muni de ces deux notions, pourra définir plus précisément le « degré de convergence d'un réseau », exprimé par un « indice synthétique » résultant des degrés d'alignement et de coordination. Le degré de convergence ou d'intégration permet ainsi de caractériser un réseau selon deux grandes catégories, le réseau convergent ou le réseau dispersé.

- le **réseau convergent** : plus un réseau est aligné et coordonné, plus les acteurs convergent vers le même but. Cela signifie concrètement que dans un tel réseau, chaque acteur, chaque membre du réseau a la possibilité de mobiliser toutes les compétences et ressources nécessaires. Autrement dit, chaque acteur a l'ensemble du réseau derrière lui, ce qui lui confère une efficacité démultipliée par cette combinaison de force collective et individuelle.
- le **réseau dispersé** : les relations existent entre les acteurs ou entre les différents pôles, mais elles sont de faible densité, elles restent fragiles. Il y a beaucoup d'incompréhension, des

[62] M. CALLON, *art. cit.*, p. 214

problèmes de « traduction » des besoins et des demandes (des usagers vers les techniciens, des techniciens vers scientifiques) : la mobilisation du réseau par un acteur est difficile, limitée.

La convergence d'un réseau indique donc le degré de stabilisation des multiples traductions qui en ont permis la constitution et la construction de tels réseaux convergents réclame, comme le souligne Callon, « *de longs investissements, d'intenses efforts de coordination* ».

Quels sont les indicateurs, les signes extérieurs permettant à l'observateur de caractériser ce degré de convergence du réseau ? Ils sont assez nombreux et diversifiés.
Un premier groupe important d'indicateurs renvoie au langage : la signification des mots, des énoncés utilisés pour décrire les résultats ou les travaux doit être commune, partagée. Un réseau convergent s'atteste par l'existence d'une communauté linguistique, voire d'un langage commun aux chercheurs, techniciens, commerciaux, décideurs, usagers[63]. Un autre indicateur de convergence concerne les objets techniques et porte sur la coïncidence de l'espace de diffusion d'un objet technique avec le réseau.
Enfin le deuxième critère de la convergence d'un réseau étant constitué, comme nous l'avons vu, par des formes de coordination s'appuyant sur des conventions, il s'agira d'attacher également la plus grande importance aux structures organisationnelles, aux conventions, aux contrats, qui révèlent les interactions entre les acteurs.

A travers tous ces indicateurs, recueillis dans les traces et inscriptions du réseau[64], l'observateur pourrait donc suivre le processus de construction d'un réseau, débouchant sur une convergence plus ou moins marquée.

Qu'est-ce qui distingue l'irréversibilité d'un réseau technico-économique de sa convergence, notion qui semble exprimer le même processus ?

> *« La convergence décrit la construction d'un accord. L'irréversibilisation correspond à un accord qui se durcit, qui exclut le retour en arrière et rend prévisibles les traductions à venir »*[65]

---

[63] Cela ne signifie pas que les composantes d'un RTE convergent parlent forcément tous le même langage, le même jargon professionnel. Mais il existe des passerelles, des « traductions » entre ces langages et un accord général sur la signification des énoncés a été trouvé (ce qui présuppose en amont de nombreuses opérations de traduction).

[64]Notons au passage qu'une observation fine d'un RTE nécessite, comme le dit Callon, un « *énorme travail de computation* », avec le traitement de vastes corpus de textes et de traces, ce qui pose d'ailleurs de véritables problèmes méthodologiques, sur lesquels nous reviendrons dans la dernière partie.

[65] *Ibid*., p. 223

Si l'irréversibilisation d'un réseau présuppose sa convergence, rien n'empêche qu'une convergence réussie ne finisse par se disloquer. Il faut donc quelque chose de plus à un réseau, que l'alignement total de ses entités et une forte coordination, pour devenir irréversible.

Deux conditions sont nécessaires pour assurer l'irréversibilité d'une traduction :

- l'impossibilité créée de revenir à une situation antérieure, où la traduction n'était qu'une option parmi d'autres ;
- « *la prédétermination des traductions à venir* ».

Pour Callon, il existe différents degrés d'irréversibilité et celle-ci n'est pas une propriété indépendante, une valeur absolue, mais « *une caractéristique relationnelle qui ne s'actualise que dans l'épreuve* ». Dans un processus d'innovation marqué par un grand nombre d'opérations de traductions,lié au grand nombre d'acteurs, chaque traduction lutte pour devenir irréversible et « l'emporter » sur les autres.

2.3.2.6.2 L'impossible retour en arrière

La première condition de l'irréversibilité semble correspondre à la signification même du mot, puisque est irréversible quelque chose qui ne peut revenir en arrière. L'argument friserait la tautologie si l'on en restait là.

Mais la théorie de la traduction nous invite (et c'est sa grande richesse et sa difficulté) à aller voir, au-delà des mots et des apparences, ce qui constitue réellement le ressort de situations apparemment banales. Tout le monde sait caractériser l'irréversibilité d'un phénomène. Mais qu'est-ce qui rend tout retour en arrière impossible, du moins dans un processus d'innovation ?

Deux qualités, liées aux intermédiaires et qui ne se mesurent que dans les épreuves : la **durabilité et la robustesse**.

C'est parce qu'une traduction « résiste » aux épreuves de toutes sortes qu'elle devient elle-même plus « réelle », acquérant au fur et à mesure de ces épreuves une robustesse et une plus grande durabilité. Pensons par exemple aux tests sur des prototypes.

Callon ne fait qu'illustrer ici l'un des aphorismes fondamentaux de la réflexion philosophique de Latour dans « *Irréductions* » : « *est réel ce qui résiste dans l'épreuve* » [66].

[66] B. LATOUR, *Les Microbes guerre et paix, suivi de Irréductions*, Métailié, 1984, p. 177

Mais qu'est-ce qui assure, en définitive, cette durabilité et cette robustesse des traductions, signes de l'irréversibilisation d'une innovation ?

Pour Callon, la croissance de l'irréversibilité est proportionnelle à la création d'effets de système, « *dans lesquels chaque élément traduit, chaque intermédiaire, chaque traducteur s'inscrit dans un faisceau d'interrelations* »[67]. Cela signifie concrètement qu'il devient difficile de modifier un élément, un intermédiaire ou une traduction sans modifier tout le réseau.

Et Callon avance l'hypothèse suivante, qui constitue l'une des clés des phénomènes d'irréversibilisation :

> *« plus les interrelations sont multiples et croisées, plus les éléments associés sont nombreux et hétérogènes (non-humains, humains, conventions...), plus la coordination est forte et plus la probabilité de résistance des traductions est élevée. »*[68].

Cette idée de l'hétérogénéité et du nombre des éléments d'un réseau comme condition de sa résistance nous paraît particulièrement intéressante à appliquer à Internet, exemple type de réseau hétérogène devenu, sinon indestructible du moins irréversible, non seulement par la transmission par paquets, mais surtout par l'agglomération d'acteurs et d'intermédiaires de toutes sortes.

En résumé, l'une des conditions de l'irréversibilité est la multiplicité, l'hétérogénéité-même des relations, des entités, des traductions d'un réseau. Idée que les simples observations du « sens commun » ou de la vie quotidienne viennent confirmer : un objet, un système, un dispositif, une organisation seront beaucoup plus difficiles à défaire ou à détruire, si leurs composants sont nombreux, divers et solidement reliés.

2.3.2.6.3 « La prédétermination de l'avenir » par « apprentissage »

Pour décrire la deuxième condition de l'irréversibilité, la prédétermination des traductions à venir, Callon a recours à la notion d'apprentissage pour désigner l'enchaînement des décisions et des traductions (par exemple l'interdépendance totale entre un travailleur et un dispositif, ou entre une machine et une formation, un logiciel et une pratique). Ainsi définit-il la notion d'apprentissage comme « *l'ensemble des mécanismes par lesquels, par progressive adaptation mutuelle et redéfinitions, les différents éléments pris dans une traduction deviennent exclusivement dépendants les uns des autres* » [69]

---

[67] M. CALLON, *art. cit.*, p. 219

[68] *Ibid*.

[69] *Ibid*., p. 220

Les acteurs et entités d'un réseau deviennent ainsi progressivement dépendants des « traductions » existantes ou passées : par exemple, le nouveau dispositif créé devient peu à peu le seul utilisé et prédétermine ainsi les améliorations ou traductions futures, ou bien pour modifier tel dispositif, il faut faire appel à des spécialistes qui ont reçu une formation très spécifique, etc.. L'irréversibilité a gagné du terrain, puisque les décisions, les traductions, les opérations futures seront de plus en plus déterminées par celles du passé.

Ainsi l'irréversibilisation d'une traduction, d'un acteur-réseau ou d'un RTE est-elle le produit de la combinaison de ces deux éléments : la création d'effets de systèmes et les processus d'apprentissage. Mais Callon insiste enfin sur un dernier aspect de l'irréversibilisation, qui peut être mesurée et accompagnée par un phénomène plus fondamental : la normalisation des comportements.

2.3.2.6.4 Irréversibilisation = normalisation

L'irréversibilisation d'une traduction consiste, en fin de compte, à rendre prévisibles les comportements, les enchaînements, en bref à normaliser. Le processus d'irréversibilisation est inséparable de celui de la normalisation, qui « *s'opère dans la standardisation des diverses catégories d'interfaces : acteurs / intermédiaires, intermédiaires / intermédiaires, intermédiaires / acteurs* »[70].

Normalisation des pratiques, des objets, des relations...: les normes sont plus contraignantes que les conventions, qui intervenaient dans la convergence des réseaux. Les normes et standards précisent et règlent, de manière indiscutable et souvent quantifiée, les différentes relations entre les entités du réseau (pensons par exemple aux protocoles de communication entre ordinateurs, normalisant les relations « intermédiaires/intermédiaires »).

Aussi plus des normes de toutes sortes sont définies et encadrent les acteurs et leurs interactions, plus la traduction devient irréversible. On ne dira jamais assez l'importance du nombre et de la quantification des standards et des normes pour rendre compte de l'émergence et de la durée des réseaux technico-économiques. Pour Callon :

> *« un réseau qui s'irréversibilise est un réseau qu'alourdissent des normes de toutes sortes et qui du même coup se glisse dans une métrologie et dans un système d'informations codifiées »*[71].

---

[70] *Ibid*., p. 220

[71] *Ibid*., p. 221

Cette notion de normalisation comme condition ou signe de l'irréversibilisation nous apparaît également féconde pour penser l'émergence d'ARPANET et tenter de cerner ce moment crucial de l'irréversibilité[72].

Traduction, intermédiaire, acteur, acteur-réseau, réseau technico-économique, convergence, irréversibilité... : nous avons non point épuisé le vocabulaire et tous les ingrédients théoriques du modèle de la traduction mais tenté d'en rendre compte le plus fidèlement possible, au risque parfois de la paraphrase. Mais il nous semblé que cette fidélité était le prix à payer pour une explicitation la plus honnête possible d'une approche souvent difficile, pouvant d'autant mieux se prêter aux déformations ou aux caricatures. Cette approche de l'innovation est complexe et va bien au-delà d'une stricte explication des processus d'innovation[73].

Il nous reste désormais à expliquer, au regard de notre projet de recherche, comment elle a inspiré notre démarche et quelles sont ses éventuelles limites. Dans un dernier temps, une fois effectuée la description du processus d'émergence d'ARPANET, nous reviendrons sur certains aspects critiques de cette approche de l'innovation.

---

[72] Nous y consacrons d'ailleurs la dernière partie de notre description du processus d'émergence (voir chapitre 6).

[73] Sur la dimension philosophique ou politique de la sociologie de la traduction, que nous n'avons pas vraiment développée, nous renvoyons aux textes et ouvrages suivants :
- M. CALLON, B. LATOUR, Le Grand Léviathan s'apprivoise-t-il ?, In A. GRAS, S. POIROT-DELPECH (sous la dir.), *L'Imaginaire des techniques de pointe au doigt et à l'oeil*, L'Harmattan, 1989, p. 71-93
- B. LATOUR, *Les Microbes guerre et paix, suivi de Irréductions*, Métailié, 1984
- B. LATOUR, *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, La Découverte, 1994
- B. LATOUR, Une sociologie sans objet ? Remarques sur l'interobjectivité, *Sociologie du Travail*, octobre 1994, n° 4, p. 587-607
- B. LATOUR, *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*, La Découverte, 1999

2.4 Sur quel corpus ?

L'exploration historique ou socio-historique d'un processus d'innovation n'est en définitive rien d'autre qu'une certaine manière de constituer, d'organiser et de décrypter un certain corpus de traces.

Compte-tenu de son importance, il nous a semblé préférable, avant de présenter notre démarche et la méthodologie suivie, de préciser sur quel corpus s'est fait l'ensemble du travail de recherche historique. Nous évoquerons d'abord quelques problèmes théoriques et méthodologiques posés par la constitution de ce corpus, pour en détailler ensuite la composition.

2.4.1 De quelques paradoxes autour du corpus

Il nous paraît nécessaire de revenir tout d'abord sur ce qui peut apparaître comme un paradoxe entre la démarche générale et le corpus servant de matériau à cette démarche.

Comment concilier en effet, d'une part une approche inspirée de la sociologie de la traduction, fondée sur le suivi neutre des acteurs et des actants, sur une description « immanentiste » de leurs interactions et des processus de traduction, en bref une démarche basée sur le refus des *a priori* et des choix préalables et, d'autre part, un corpus de documents et de traces qui sera toujours l'objet de sélections, de découpages, de choix, risquant d'induire en retour des orientations particulières dans la description ?

Il n'y rien là de très nouveau sous le soleil de l'épistémologie historique, pourra-t-on dire, et il ne s'agit en définitive que du problème classique du poids des documents sur le récit qui en découle.

Mais la question du corpus peut sembler plus vive, dans le cas d'une étude fondée sur les principes immanentistes de la sociologie de la traduction. Nous nous exposerions en effet au reproche suivant : vous voulez donc décrire, sans *a priori*, tous les composants, tous les acteurs et actants (qui ne sont pas définis au départ) d'un processus très long, vous entendez ouvrir toutes les boîtes noires (ou le plus grand nombre), vous ne vous interdisez aucune piste, aucun préalable mais au final, votre corpus, forcément limité et fini, aura tracé pour vous certaines pistes, valorisé certains acteurs au détriment d'autres, privilégié certains réseaux. Et votre récit sera, en définitive, le produit d'un certain nombre de choix à peine conscients.

Puisque la collecte exhaustive des traces d'un processus d'innovation vieux de trente ans est impossible, puisque le nombre et la diversité des composants de ce processus excède les capacités de l'observateur le plus courageux, une telle démarche « immanentiste » est par nature impossible et la sociologie de la traduction ne peut s'avérer pertinente pour une telle entreprise.

Comment sortir de ce paradoxe entre le refus des *a priori* et le choix du corpus ?

Tout d'abord en renonçant au naïf « point de vue de Dieu », auquel on pourrait assimiler trop rapidement notre démarche. Comme l'indique Paul Veyne :

> *« il est impossible de décrire une totalité et toute description est sélective ; l'historien ne lève jamais la carte de l'événementiel, il peut tout au plus multiplier les itinéraires qui le traversent. »*[74].

Nous n'avons d'autre ambition que celle, précisément, de « multiplier les itinéraires » qui traversent le processus d'émergence d'ARPANET. Aucun souci d'exhaustivité ne nous a donc jamais guidé.

Ensuite la validité essentielle de notre approche nous semble plus tenir de la mise en oeuvre d'une démarche descriptive cohérente, devant notamment se fonder sur l'utilisation de grilles de description communes à tous les acteurs et actants, que de la constitution d'un corpus exhaustif. Nous voulons dire par là que le (faux) problème du choix du corpus se résoud dans la démarche elle-même.

Comment avons-nous procédé sur ce point ? La constitution de notre corpus s'est faite, non pas avant le travail de recherche, mais au fur et à mesure de sa progression. Le seul critère préalable que nous nous étions fixés était celui, précisément, de l'ouverture préalable. Le corpus était donc d'emblée hétérogène, diversifié, mêlant des documents, des auteurs, des acteurs, des thèmes et des époques différents pour respecter ce principe d'ouverture maximale. Qu'ensuite des choix, des resserrements, des orientations aient été faits correspond à un processus finalement très classique de recherche.

L'exemple du choix du *time-sharing* comme thème privilégié d'analyse illustre bien cette démarche. Dans un premier temps, la lecture du livre des Hauben nous a fait découvrir toute l'importance de ce mouvement de recherche dans l'histoire d'ARPANET. Dans un second temps, l'attention à cette « filière » d'ARPANET nous a conduit à la recherche de nombreux documents sur cette époque et ce mouvement (notamment les textes de McCarthy, les interviews du CBI de nombreux acteurs du *time-sharing*, etc..). La collecte et l'étude de ces documents nous a permis, dans un troisième temps, d'élaborer une description assez détaillée des conditions

---

[74] P. VEYNE, *Comment on écrit l'histoire. Suivi de Foucault révolutionne l'histoire*, Seuil, 1978, p. 37

d'émergence du *time-sharing* à la fin des années 50. Et au final, ce nouveau modèle d'ordinateur occupe une place tout à fait majeure dans notre travail[75]. Peut-on en conclure que le choix de notre corpus a fortement conditionné les résultats de notre recherche et que nous sommes restés prisonniers de « l'optique des sources », que dénonce Paul Veyne ?

A notre décharge, nous pouvons dire que nous avons opéré (ou tenté d'opérer) le même type de démarche, avec des approfondissements variables, pour d'autres acteurs et actants du processus comme l'ARPA, la cybernétique, l'entreprise BBN, les travaux d'Engelbart, la transmission par paquets...

Nous avons ainsi, pour le meilleur ou pour le pire, essayé de mettre en oeuvre ce principe d'ouverture maximale, ce parti-pris de l'hétérogénéité, cette multiplication des itinéraires. Dans le cours du travail, des choix et des sélections ont bien sûr été opérés, que nous revendiquons et assumons pleinement. Et si, au final, notre « histoire » d'ARPANET pourra sembler dominée par la prégnance de ce thème du *time-sharing*, nous n'en avons pour autant jamais fait un principe unique d'explication du processus d'émergence.

D'autres histoires d'ARPANET, elles-mêmes inspirées de la sociologie de la traduction et entreprises selon les mêmes méthodes, restent possibles et mettraient en exergue d'autres lignes de force, d'autres réseaux, d'autres acteurs. Et ces histoires, qui seraient, à l'évidence, fondées sur d'autres corpus, seraient tout autant plausibles que la nôtre.

Ainsi pouvons-nous sortir de ce faux paradoxe entre une démarche immanentiste et ouverte et un corpus forcément réduit et sélectionné. L'objectif central, qui ne doit en aucun cas être perdu de vue, est bien de montrer toute la diversité, la multiplicité et l'hétérogénéité des composants d'un processus d'innovation. A chacun ensuite de se tailler sa part d'intrigue (ou sa « part de réseau ») dans le fouillis de la « réalité ».

Nous citerons une dernière fois Paul Veyne, tant sa conception de l'histoire nous paraît proche de ce que nous avons tenté de faire :

> *« Les événements ne sont pas des choses, des objets consistants, des substances ; ils sont un découpage que nous opérons librement dans la réalité, un agrégat de processus où agissent et pâtissent des substances en interaction, hommes et choses. »* [76]

Nous avons donc découpé, empiriquement et aussi librement que possible, dans la réalité complexe d'ARPANET un ensemble hétérogène, ouvert et limité à la fois, de traces diverses à

---

[75] Voir les chapitres 3.3, 4.2 et les multiples occurrences du thème dans l'ensemble de la thèse.

[76] *Ibid.*, p. 39

partir desquelles nous avons cherché à reconstituer les multiples processus exprimés dans ces traces.

En définitive, la question de la validité du corpus tient surtout à la richesse de sa composition, à sa consistance. Une approche empirique et descriptive comme la nôtre nécessitait de toute évidence, pour pouvoir être mise en oeuvre, un corpus suffisamment large et fourni. Il nous faut donc en détailler la composition.

2.4.2 Un corpus en trois parties

Notre corpus peut être divisé en trois parties, selon la typologie que nous avons proposée sur l'historiographie et la « matière d'Internet » d'Internet :

- **les sources et les traces du processus d'émergence** : les textes de l'époque (textes fondateurs, textes « techniques », documents divers) ;
- la « **mémoire organisée** » : les témoignages des acteurs d'ARPANET ;
- **les travaux historiographiques** américains.

2.4.2.1 Sources et traces du processus d'émergence

Dans le premier ensemble, figurent deux types de « traces » :

- les textes scientifiques
- les documents techniques

2.4.2.1.1 Quatre textes à la fois fondateurs et témoins

Pour les textes scientifiques marquants, publiés dans les années 50-60, la recherche a été à la fois limitée, de nombreux textes n'étant pas accessibles à distance, et fructueuse, grâce à la publication sur le web de quelques uns des principaux textes de l'époque.

Parmi ces « grands » textes ou ces textes fondateurs, qui ont eu une influence décisive, immédiate et à long terme, sur le processus d'émergence des réseaux et de l'informatique interactive, nous nous sommes basés sur les quatre textes suivants :

- le célèbre article de **Vannevar Bush** « *As We May Think* », publié dans *The Atlantic Monthly* (n° 176, 1945, p. 101-108), disponible en France depuis plusieurs années et accessible sur le web.[77] La figure et les idées de Bush, sans lien direct avec ARPANET, ne peuvent pas ne pas

[77] Ce texte fondateur de l'hypertexte est disponible en plusieurs versions :
- BUSH, Vannevar. As We May Think. In LAMBERT, Steve. ROPIEQUET, S. *CD-ROM, The New Papyrus.* Redmond : Microsoft Press, 1986. p. 3-20

être évoquées dans une histoire de l'émergence des réseaux informatiques et de l'hypertexte et ce texte fondateur est plusieurs fois cité dans notre travail. Cependant, nous n'y avons pas consacré de paragraphe particulier, l'ayant déjà étudié en détail dans notre mémoire de maîtrise sur l'hypertexte.[78]

- dans la même « lignée » que celle de Bush, le texte-clé de **Douglas Engelbart**, « *Augmenting Human Intellect : A Conceptual Framework* » [79], contenant toutes les bases de son travail d'innovation sur les interfaces et les hypertextes. Un texte d'Engelbart, d'une toute autre nature, nous a également fourni des éclairages inédits et intéressants sur ses rapports avec Vannevar Bush : une lettre envoyée par Engelbart à son « inspirateur », en 1962.[80] Le rapport d'Engelbart sur « l'Augmentation », considéré dans toute la littérature spécialisée comme l'un des textes canoniques sur l'hypertexte, fait l'objet d'une analyse assez détaillée dans le chapitre consacré à cet acteur majeur de l'informatique interactive[81].

- enfin, deux articles essentiels de **Joseph Licklider** ont pu être trouvés sur le site de *Digital Equipment*. Publiés sur le web sous la direction de Robert Taylor[82], en hommage à la mémoire du visionnaire des réseaux, ces deux textes, dont nous avons tenté de montrer l'importance historique, nous ont fourni une base de recherche inestimable pour mieux comprendre les visées, les conceptions et les intuitions, souvent étonnantes de prémonition, de celui qui fut l'un des

---

- Traduction française : *CD ROM, le nouveau papyrus.* William H. Gates (préf.), Marc-Alain Grumelin et Bernard Prost (trad.). Paris : Cedic-Nathan, 1987.
- BUSH, Vannevar. As We May Think. In NYCE, James M., KAHN, Paul (sous la dir. de). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine.* San Diego (CA) : Academic Press, 1992. p. 85-110
- Sur le WWW, le texte est disponible à l'adresse suivante :
http://www.ps.uni-sb.de/~duchier/pub/vbush/vbush.shtml

[78] A. SERRES, *Hypertexte : ancien principe pour nouvelles technologies*, Mémoire de Maîtrise Sciences de l'Information et de la Communication, Université Rennes 2, 1993

[79] D. ENGELBART, *Augmenting Human Intellect : A Conceptual Framework*, [En ligne], Stanford Research Institute, 1962, 134 p.

[80] D. ENGELBART, Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness. May 24, 1962, *In* J. NYCE, P. KAHN (sous la dir. de). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine*, Academic Press, 1992, p. 235-244

[81] Voir plus loin la partie « *3.4.2.2 La problématisation de « l'augmentation* ».

[82] En voici les références :
- LICKLIDER, J.C.R. Man-Computer Symbiosis. In Digital Systems Research Center. *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990.* [En ligne] Palo Alto (Californie) : Digital Equipment Corporation, 7 août 1990. [référence du 5 mars 1998] [p.1-20]. Disponible sur WWW: <http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/research-reports/abstracts/src-rr-061.html>
- LICKLIDER, J.C.R., TAYLOR, Robert. The Computer as a Communication Device. In Digital Systems Research Center. *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990.* [En ligne] Palo Alto (Californie) : Digital Equipment Corporation, 7 août 1990. [référence du 5 mars 1998] [p. 21-41]. Disponible sur WWW: <http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/research-reports/abstracts/src-rr-061.html>

principaux inspirateurs des réseaux. L'article de 1960, « *Man-Computer Symbiosis* »[83] est l'une des premières réflexions capitales sur les interactions hommes-machines. Le second, publié en 1968 et co-écrit avec Robert Taylor, « *The Computer as a Communication Device* ») est également un texte majeur sur les potentialités communicationnelles de l'ordinateur et sur les premières théorisations des réseaux informatiques. Il donne lieu à une présentation également approfondie[84].

Ce corpus de textes théoriques ne prétend pas rendre compte de toute la richesse des réflexions des penseurs de l'informatique des années 60. Il aurait fallu par exemple pouvoir étudier également les textes de Ted Nelson, cet autre théoricien de l'hypertexte, ou l'ouvrage de Martin Greenberger publié en 1962 sur l'avenir de l'ordinateur[85], sans parler des textes « historiques » de Wiener, ou de Von Neumann.

Néanmoins, notre choix (parfois guidé par le hasard des recherches) des quatre textes précités nous a paru constituer une base de travail suffisante pour notre projet, tant par la richesse de leur contenu que par leur rôle dans le processus d'émergence d'ARPANET.

2.4.2.1.2 Quelques échantillons hétérogènes d'un corpus immense : les documents techniques

Concernant la littérature technique publiée tout au long du processus d'émergence, nous n'avons pas fait de recherches approfondies et exhaustives, compte-tenu de l'immensité du corpus des traces et des documents techniques et surtout de la difficulté à se procurer des documents, souvent confidentiels, publiés il y a quarante ans.

Cependant quelques documents trouvés au gré des recherches nous ont permis d'approfondir et d'illustrer certains aspects de notre récit :

- ainsi sur les recherches autour des ordinateurs à temps partagé (*time-sharing*), avons-nous pu obtenir un article récent, contenant des extraits et le texte intégral de plusieurs documents techniques des acteurs du *time-sharing* : le *Memorandum* de John McCarthy du 1er janvier 1959, le Rapport de Teager, les recommandations du *Long Range Computation Study Group*... [86]. Au total, notre corpus de documents sur le *time-sharing*, constitué de ces extraits re-publiés en 1992

---

[83]Que nous présentons dans la partie « *3.4.1.1 Des ordinateurs et des hommes...* ».

[84] Voir partie « *5.2.7 La communication par ordinateur...* ».

[85] M. GREENBERGER, *Management and Computers of the Future*, The MIT Press, 1962 (cité dans HAUBEN, M. et R., *op. cit.*)

[86] Tous ces textes figurent dans l'article : J. LEE, J. LICKLIDER, J. McCARTHY, The Beginnings at MIT, in *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 14, n° 1, 1992, p. 18-30

et de quelques documents et témoignages trouvés sur Internet, s'est trouvé assez riche pour pouvoir approfondir l'étude de ce moment-clé de l'histoire de l'informatique interactive[87]

- sur l'émergence d'ARPANET proprement dite, une source irremplaçable (insuffisamment explorée et exploitée à notre grand regret) a été constituée par les RFC (*Request For Comments*), disponibles et en libre accès sur Internet[88].

- enfin, nous avons utilisé très succinctement des extraits du Rapport de Paul Baran (*On Distributed Communications*)[89].

2.4.2.2 Des témoignages d'acteurs irremplaçables

Pour pouvoir mettre à jour, suivre et décrire les multiples réseaux d'acteurs, composant l'ensemble du processus d'émergence d'ARPANET, il est indispensable d'identifier précisément ces acteurs et actants. Ici, les textes théoriques, comme les documents techniques, ne nous sont pas d'un très grand secours.

Sur quel corpus réaliser une observation précise des trajectoires des acteurs humains, à quarante ans de distance ? Il n'y a guère d'autre solution que de se fonder sur les témoignages des acteurs eux-mêmes, recueillis directement ou indirectement. Et sur ce point, nous avons souligné, dans la première partie, la richesse de la « matière » d'Internet par la multiplicité des récits fournis par les acteurs d'ARPANET.

En définitive, les témoignages des acteurs ont constitué la part principale de notre corpus de recherche. Trois types de témoignages peuvent être distingués ici :

- les **« témoignages personnels volontaires »** que constituent, selon nous, la floraison de pages personnelles, de textes, de Curriculum-Vitae, de chronologies, établis par certains acteurs d'ARPANET, soucieux de rendre compte aujourd'hui de leur rôle passé (en le valorisant bien entendu) ;

- les **textes collectifs,** proposant une synthèse historique sur la naissance du réseau et une vision commune du processus d'émergence ;

- enfin les **interviews d'acteurs**.

Si la valeur, la richesse d'informations, la pertinence et l'intérêt respectifs de ces trois sortes de témoignages ne sont pas équivalents, il n'en demeure pas moins qu'ils constituent, chacun dans

---

[87] Voir tout le chapitre « *3.3 Le time-sharing comme support d'un nouveau modèle d'ordinateur* ».

[88] Nous avons étudié surtout les RFC 1 et 10 : voir la partie « *5.3.3 Un outil d'information et de communication* ».

[89] Disponible sur le site de la RAND Corporation : <http://www.rand.org/publications/RM/>

leur contexte de référence, des sources intéressantes pour mieux cerner les acteurs, leur itinéraire, leur position dans le réseau, leur vision des processus de traduction.

Ainsi, dans la première catégorie de témoignages, quelques textes et documents personnels nous ont apporté des éclairages instructifs, en dépit (et parfois à cause) de leur caractère fréquemment auto-promotionnel. Une grande diversité caractérise ce premier ensemble de témoignages autobiographiques, que nous appelons « volontaires », parce qu'ils sont le fruit d'une démarche volontariste de certains acteurs. Si certains textes ont d'abord été publiés en version imprimée, l'essor du web a démultiplié ce type de documents, plusieurs chercheurs utilisant le web, comme des milliers d'internautes, pour y créer leur page personnelle.

Nous y trouvons d'abord des documents publiés à des fins uniquement auto-promotionnelles :

- soit de **simples Curriculum Vitae,** relativement « neutres » comme celui que propose **Douglas Engelbart** sur son site, CV contenant des détails biographiques intéressants sur la trajectoire du chercheur ;
- soit de **véritables autobiographies**, comme la page personnelle de **Leonard Kleinrock**[90], qui retrace sa vie et sa carrière. Ce document, au-delà de son caractère parfois hagiographique, nous a apporté de nombreux éléments sur le parcours d'un acteur important d'ARPANET.

D'autres témoignages sont moins « auto-centrés » et constituent des éclairages tout à fait précieux sur les processus d'émergence des innovations informatiques de l'époque. Ainsi peut-on trouver dans cette rubrique :

- des **textes de souvenirs,** sortes de « mémoires » partielles de chercheurs sur un thème comme celles de **John McCarthy**, qui a mis sur le web ses *Reminiscences on the History of Time-sharing*[91], un texte publié en 1983 à Stanford. Ce témoignage de l'un des pionniers du *time-sharing* est intéressant à double titre : d'abord par les nombreuses données et informations qu'il fournit sur l'émergence de cette innovation capitale dans l'histoire de l'informatique (et d'ARPANET), mais aussi par l'évocation, encore polémique, des controverses qui ont agité la communauté informatique de l'époque. Non seulement McCarthy se donne la part belle dans la revendication de la paternité du *time-sharing* et règle incidemment quelques comptes à ce sujet,

---

[90] L. KLEINROCK, *Leonard Kleinrock's Personnal History/Biography. The Birth of the Internet*, [En ligne], UCLA, 1996, version mise à jour le 27 août 1996.
[réf. du 28 février 1998]. [5 p.] Disponible sur WWW : <http://millennium.cs.ucla.edu/>.

[91] J. McCARTHY, *Reminiscences on the History of Time-Sharing*, [En ligne], Stanford University, 1983. Version de 1996. [réf. du 10 mars 1998]. [5 p.] Disponible sur WWW : <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/timesharing/ timesharing.html>.

mais le ton parfois vif de son texte de souvenirs, quelques quarante ans plus tard, laisse deviner toute l'âpreté des controverses d'alors. En recoupant ce texte avec plusieurs autres, nous avons pu constituer un corpus assez riche sur le *time-sharing* et cette époque cruciale du tournant des années 50-60.

- des **chronologies personnelles**, comme celle établie par **Larry Roberts**, sur la naissance d'ARPANET[92]. Document particulièrement précieux, par la qualité de son auteur (responsable direct du projet de l'ARPA Network) et par le souci d'exactitude qui semble l'avoir guidé.

Outre les témoignages personnels « volontaires », il existe également quelques témoignages collectifs, constituant des sources de première main. Dans cette catégorie figure notamment un texte, ***A Brief History of the Internet,*** [93] important par le nombre et la qualité de ses auteurs, puisqu'il est co-signé par quelques uns des responsables et acteurs d'ARPANET en 1968-69 : Barry Leiner, Vinton Cerf, Robert Kahn, David Clark, Leonard Kleinrock, Jon Postel, Larry Roberts, Daniel Lynch. Comme pour la chronologie de Larry Roberts, l'un des mérites, et non des moindres, de cette « brève histoire de l'Internet » est de dissiper les rumeurs sur les origines militaires du réseau. Par ailleurs, le texte donne un aperçu assez complet des grandes étapes de l'émergence d'ARPANET, des principaux acteurs concernés et des motivations qui les ont poussés.

Enfin il faut mentionner, à la lisière des témoignages collectifs et des recherches historiques, quelques textes ayant fait l'objet de procédures de validation scientifique et publiés dans des revues scientifiques. Citons par exemple l'article de **Anthony Debons** et **Esther Horne** sur l'histoire croisée des organismes de recherche de l'OTAN et des sciences de l'information[94]. Ou encore la présentation, par **Carl Overhage** et **Francis Reintjes**, du projet documentaire *INTREX*, dont ils furent les principaux protagonistes[95].

Il s'agit là de textes d'une nature différente de celle des témoignages précités, dans la mesure où les auteurs fournissent une présentation historique construite, argumentée et très dense de projets

---

[92] ROBERTS, Lawrence G. *Internet Chronology*. [En ligne] Version mise à jour le 29 août 1997. [réf. du 21 mars 1998]. [4 p.] Disponible sur WWW : <http://www.ziplink.net/~lroberts/InternetChronology.html>

[93] LEINER, Barry, CERF, Vinton, CLARK, David, et al. *A Brief History of the Internet*. [en ligne] Version 3.1, février 1997. [réf. du 8 août 1997]. [20 p.]. Disponible sur WWW : <http://www.isoc.org/internet-history>

[94] A. DEBONS, E. HORNE, NATO Advanced Study Institutes of Information Science and Foundations of Information Science, *Journal of the American Society for Information Science*, n° 48 (9), septembre 1997, p. 794-803

[95] C. OVERHAGE, J. REINTJES, Project Intrex : A General Review. *Information Storage And Retrieval*, vol. 10, n° 5/6, 1974, p. 157-188

techniques (comme *INTREX*) ou de mouvements de recherche (comme l'article sur l'OTAN) ? Ces textes ne rentrent-ils pas plutôt dans la catégorie des « traces », certes lointaines, de processus de traduction dont ils fournissent la description et desquels ils participent de loin ?[96]

Le statut des textes, documents et traces de l'innovation est toujours quelque peu ambigu.

Tous ces documents, tous ces témoignages aussi riches soient-ils et qui ont constitué pendant longtemps une part essentielle de notre corpus, ont été cependant « supplantés » par une autre catégorie de documents : les interviews d'acteurs, menés par le CBI (*Charles Babbage Institute*). Car il est clair que la découverte, la commande et l'obtention (via le courrier électronique) d'environ vingt-cinq « *Oral Histories* » du CBI ont véritablement bouleversé à la fois la nature de notre corpus, les résultats du travail de recherche et les directions de celui-ci.

Concernant la nature du corpus, ces interviews menées par les chercheurs du CBI (que nous avons déjà décrits dans la première partie) ont fortement « homogénéisé » un corpus jusqu'alors disparate et éclaté. Dans l'ensemble du corpus de recherche, les interviews du CBI ont vite représenté la part principale.

La lecture et le laborieux dépouillement de ces longues interviews (de 20 à 30 pages chacune), contenant une quantité et une richesse d'informations incomparables (sur de nombreux aspects peu connus d'ARPANET, comme le fonctionnement de l'ARPA par exemple), ont surtout considérablement enrichi les résultats de notre recherche. Là où nous butions sans cesse sur les mêmes éléments, répétés à l'infini sur de nombreux sites et dans les divers textes consultés, nous découvrions enfin des aspects nouveaux, des informations inédites, des éclairages singuliers. Là où nous ne disposions que des travaux historiographiques, nous avions enfin accès aux sources « de première main », celles-là mêmes qui ont servi à plusieurs historiens américains (notamment Ronda et Michael Hauben, Katie Hafner et Matthiew Lyon). Dans notre exploration de la « matière » d'Internet, nous avons en effet montré toute l'importance de cet ensemble d'interviews des acteurs de l'informatique

C'est donc peu dire que notre travail de recherche a pris, à partir de l'exploitation de ce corpus d'interviews, un tournant décisif mais malheureusement tardif (nous n'avons reçu ces interviews qu'au début 1999).

---

[96] L'article de Overhage et Reintjes, sur le projet *Intrex*, ne date que de 1974, soit une dizaine d'années à peine après le lancement de ce projet d'informatisation documentaire (voir le paragraphe 4.2.2.2 sur « Le projet INTREX »)

Si certaines interviews nous ont permis d'approfondir globalement l'exploration du processus d'émergence d'ARPANET, la richesse du matériau et le manque de temps ont induit des orientations et des choix dans les aspects ou les périodes de ce processus. Ainsi les périodes des années 50 et du début des années 60, déjà bien explorées, ont-elles été beaucoup plus approfondies que celle de la naissance même d'ARPANET (1968-69). De même, certains acteurs (comme Licklider, Fano, McCarthy, Corbato, Taylor, Sutherland, Roberts) ont été également plus « suivis » que d'autres.

Il nous faut donc préciser que, faute de temps, cet important corpus de témoignages de première main n'a pu être exploité dans sa totalité : les interviews des chercheurs jugés « périphériques » à la naissance d'ARPANET (comme Frederik Weingarten, Charles Mooers, Julius Schwartz...) ont été quelque peu laissées de côté, celles de certains acteurs de la fin du processus d'émergence (les années 68-69), comme Ornstein, McKenzie, Crocker, Kahn ou Cerf, ont fait l'objet d'une lecture et d'une analyse moins approfondie et moins systématique.

Si ces choix dans l'analyse du corpus ont reflété certaines orientations préalables de recherche (notamment la volonté d'approfondir l'étude du mouvement autour du *time-sharing*), ils ont en retour fortement conditionné le travail de description et de suivi des acteurs et des actants du processus. Ce qui ne va pas sans poser les problèmes d'ordre théorique et méthodologique, abordés plus haut.

2.4.2.3 Un corpus historiographique réduit

Dans le domaine de l'historiographie proprement dite d'Internet, deux livres, que nous avons présentés dans la première partie, ont joué un rôle essentiel pour nos recherches.

Tout d'abord, celui des **Hauben**, ***Netizens***[97]**,** a guidé nos premières recherches vers « l'arrière-plan » de la naissance d'ARPANET, *i.e.* tout le mouvement de recherche de l'informatique interactive et du *time-sharing*. Nous leur sommes donc largement redevables, non seulement de la découverte de toute cette toile de fond historique, mais en définitive de notre choix personnel de centrer l'analyse sur cet arrière-plan.

Le livre de **Hafner et Lyon**[98], découvert plus tardivement, a joué également un grand rôle dans notre travail en apportant un éclairage enfin précis et cohérent sur la naissance même d'ARPANET. Nous nous en sommes fortement inspirés pour la description des années 68 et 69.

---

[97] M. et R. HAUBEN, *Netizens : On the History and Impact of Usenet and the Internet,* IEEE Computer Society Press, 1997

[98] K. HAFNER, M. LYON, *Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet,* Calmann-Lévy, 1999. (Cybermondes)

Signalons également une biographie de Vannevar Bush[99], insuffisamment exploitée mais qui nous a permis d'évoquer l'influence du concepteur du *Memex* sur la politique scientifique américaine.

Enfin, les rares articles de recherche publiés en France et signalés dans la première partie nous ont fourni de précieux éclairages et des perspectives souvent intéressantes.[100]

Au final, il nous faut donc reconnaître que notre corpus s'est trouvé relativement limité dans le domaine historiographique, n'ayant pu avoir accès aux principaux travaux de recherche américains.

---

[99] P. ZACHARY, *Endless Frontier. Vannevar Bush, Engineer of the American Century*, The Free Press, 1997

[100]Nous pensons notamment à l'article de KING et GRINTER, déjà signalé : J. KING, R. GRINTER, J. PICKERING, Grandeur et décadence d'ARPANET. La saga de Netville, cité champignon du cyberspace. *Réseaux*, n° 77, mai-juin 1996. p. 9-35

2.5 Quelle démarche, quelle méthodologie ?

Résumons. Notre projet est celui d'une exploration socio-historique de l'émergence d'ARPANET dans une perspective immanentiste, *i.e.* fondée sur le refus des grilles de lecture *a priori*, des hypothèses historiques préétablies et de la recherche des causalités. Convaincus du caractère hétérogène, incertain et collectif des processus d'innovation, que les sociologues de l'Ecole des Mines ont démontré depuis longtemps, nous cherchons avant toute chose à rendre compte de ces aspects dans le long processus d'émergence d'ARPANET.

2.5.1 Une démarche empirique

Toute notre démarche de recherche est placée sous le signe d'un empirisme méthodologique résolu[101]. Témoins de cet empirisme : la constitution et le traitement du corpus.

Constitué d'un ensemble de traces porteuses d'historicité, témoins de processus passés ou expression d'une mémoire organisée, ce corpus, dont nous avons montré le caractère diversifié, à la fois limité et suffisant pour notre projet, a été construit de manière empirique comme nous l'avons vu, par des recherches itératives et des associations successives, sans plan préconçu ni découpages préétablis.

A partir de ce corpus, nous avons cherché à mener de front une démarche à la fois descriptive et chronologique :

- **descriptive**, par l'identification et le suivi des acteurs, des actants, des réseaux, des processus de traduction ;
- **chronologique**, par l'établissement d'une chronologie aussi détaillée que possible, visant à retracer le déroulement des multiples fils de l'histoire d'ARPANET.

Le travail de traitement du corpus a revêtu ainsi deux formes complémentaires : une cartographie et une chronologie, l'articulation des deux permettant l'élaboration d'un récit.

Si des recoupements, des marquages chronologiques, des hiérarchisations d'événements et de processus sont intervenus, ils sont donc le produit, le résultat d'un traitement empirique et non son préalable.

---

[101]Nous préférons parler d'empirisme *méthodologique* pour le distinguer de l'empirisme philosophique, tel qu'il est énoncé chez les penseurs empiristes, comme John Locke, pour qui « tout savoir est dépendant de l'expérience et est soumis à son contrôle » ou David Hume. Le débat sur l'empirisme n'est pas ici notre propos.

2.5.2 Quelle méthodologie suivie ?

Il est nécessaire ici de préciser notre démarche dans le traitement et l'exploitation de ce corpus de traces.

2.5.2.1 Recenser, identifier, décrire

Notre démarche descriptive est clairement inspirée par la sociologie de la traduction, pour laquelle la description des réseaux tient lieu d'explication des causalités. Elle vise à retracer le long processus d'interconnexion, d'enchevêtrement des multiples réseaux composant ARPANET : réseaux humains, techniques, discursifs, sociaux, politiques, stratégiques, etc.. En d'autres termes, nous sommes partis du postulat qu'en expliquant le « comment », on comprendrait mieux le « pourquoi ».

Comme point de départ, nous avons cherché à recenser et identifier, sans choix ni limitation préalable, les multiples entités qui traversent, à un moment ou un autre, l'ensemble du processus d'émergence : individus, organisations, objets techniques, discours, textes, réseaux, normes, etc.. Nous nous sommes basés pour ce faire sur quelques ouvrages et documents généralistes sur l'histoire d'ARPANET et d'Internet. Nous avons pu établir ainsi une première liste assez longue et très hétérogène, composée d'entités de toutes sortes, au sein de laquelle nous avons rapidement déterminé quatre ensembles spécifiques à explorer, *i.e.* quatre groupements, eux-mêmes hétérogènes, que nous avons appelé ainsi :

- les acteurs humains
- les acteurs organisationnels
- les objets techniques
- les systèmes d'information

Les textes scientifiques, également recensés de manière sélective, ont fait l'objet d'un traitement spécifique.

Si l'empirisme méthodologique consiste, en partie, à collecter, organiser et traiter, sans choix *a priori*, des ensembles de traces hétérogènes, il se doit de fournir également des méthodes cohérentes et rigoureuses dans le traitement de ces traces. Mais ici, nous avons modestement essayé de faire nôtre le célèbre « tout est bon » de Feyerabend, *i.e.* cette idée selon laquelle il

n'existe pas de « méthode scientifique » universelle, mais des méthodologies multiples, fabriquées, voire « bricolées » selon les situations et les projets[102].

Afin de permettre une méthodologie d'identification et de description homogène, nous avons donc élaboré des « grilles de description », permettant de recueillir les mêmes types de données pour les différents composants de chaque groupe et adaptées à chaque groupement d'entités.

Ces fiches de description comportent environ une douzaine de critères, dont certains sont communs à l'ensemble des entités décrites : par exemple, l'identité et le statut, les repères chronologiques, le rôle dans l'émergence d'ARPANET, les relations avec les autres entités et la nature de ces relations (« alliés/adversaires » par exemple).

Les fiches ont été inégalement remplies : certains acteurs humains ou organisationnels ont été seulement identifiés, tandis que d'autres ont pu être décrits de manière complète selon les onze ou douze critères[103]. Passons rapidement en revue les quatre ensembles d'entités décrites.

2.5.2.1.1 Acteurs humains et organisationnels

L'étude d'un processus d'innovation consiste à chercher d'abord quels sont les acteurs concernés. Nous avons donc cherché à repérer de manière assez large mais sans visée exhaustive la plupart des acteurs concernés par ARPANET :

- **les acteurs humains** au premier chef, soit plus d'une soixantaine de personnes, dont le statut, le rôle, la période d'implication, l'importance, etc.., sont très divers. Pour les acteurs humains importants, nous avons cherché, non seulement à décrire leur itinéraire, leur formation, leur activité, leurs idées et leurs projets, mais aussi leurs différentes relations, tant avec les autres acteurs humains qu'avec les intermédiaires. Autrement dit, il importait de reconstituer, chaque fois que cela a été possible, les différents réseaux, reliant chercheurs, ingénieurs, administrateurs, mais aussi artefacts, textes, projets techniques, etc.., dans lesquels un acteur humain s'inscrit, ainsi que sa place dans ces réseaux.

- **les « acteurs organisationnels »** ensuite, *i.e.* les organisations (universités, laboratoires, administrations, entreprises, groupes divers), soit une cinquantaine d'organisations. Cette liste est loin d'être complète, mais comprend néanmoins les principales organisations impliquées, à

---

[102] « *L'idée que la science peut, et doit, être organisée selon des règles fixes et universelles est à la fois utopique et pernicieuse. Elle est utopique, car elle implique une conception trop simple des aptitudes de l'homme et des circonstances qui encouragent, ou causent, leur développement. (...) Toutes les méthodologies ont leurs limites, et la seule « règle » qui survit, c'est : « Tout est bon »* » Paul Feyerabend. *Contre la méthode. Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*. Paris, Seuil, 1979, p. 332-333. Cité dans CHALMERS, Alan F. *Qu'est-ce que la science ? Récents développements en philosophie des sciences : Popper, Kuhn, lakatos, Feyerabend*. Paris : La Découverte, 1987 (Le Livre de Poche), p. 216

[103] On trouvera ces grilles de description dans la partie des Annexes.

un titre ou un autre, dans le processus d'émergence. Ces acteurs organisationnels ont également été décrits avec une précision proportionnelle à leur rôle dans le processus d'émergence. Parmi la cinquantaine d'organisations recensées, certaines ont été seulement évoquées rapidement, d'autres ont fait l'objet d'une longue description (comme le MIT ou l'ARPA, par exemple). Missions, origines, statut, principaux membres, importance de l'organisation, moyens matériels et financiers, « discours de légitimation », projets techniques, interventions dans le processus... : tous ces points ont guidé notre description. De même que pour les individus, nous avons cherché, pour les organisations les plus importantes, à dresser leur réseau de relations.

2.5.2.1.2 Objets techniques et systèmes d'information

Les « intermédiaires » (selon la notion de Callon) « matérialisent l'interaction » entre des acteurs ; pratiquement, ils constituent l'ensemble des traces, objets, instruments, textes, etc., nécessaires à toute activité scientifique et technique.

Leur recensement, leur identification et leur description exhaustifs sont, par nature, impossibles pour un processus d'innovation déjà ancien. Il fallait néanmoins montrer, dans notre travail descriptif de l'émergence, le rôle crucial de ces entités « non-humaines ».

Nous avons distingué deux types « d'intermédiaires », au sens de la sociologie de la traduction :

- les « **objets techniques** », correspondant aux artefacts définis par Callon ;
- les « **systèmes d'information** », *i.e.* les dispositifs, supports et outils de production-gestion-recherche de l'information.

Les autres catégories d'intermédiaires (textes, monnaie, compétences) n'ont pas fait l'objet d'un recensement ni d'une description systématique, compte-tenu de l'immensité de la tâche ; ils sont cependant décrits ponctuellement au cours du récit et intégrés pleinement dans le faisceau des entités qui composent les divers réseaux.

Par « objets techniques », nous entendons tous les artefacts (ordinateurs au premier chef), les matériels mais aussi les logiciels, les réseaux, les procédés techniques de transmission, mais aussi les projets de recherche et développement : en bref, tout ce qui touche à la dimension technique, matérielle, du processus d'émergence.

Champ tellement vaste qu'il défie toute énumération et tout recensement, puisque ce serait une bonne partie de l'informatique américaine des années 60 qui devrait être identifiée et analysée dans ses innombrables composants. Nous nous sommes donc concentrés sur quelques objets précis en essayant d'indiquer, pour chacun d'eux, le type d'objet, ses principales

caractéristiques, la « lignée technique » dans laquelle il s'insère, les principes mis en oeuvre, les applications et les fonctions essentielles, et surtout le « réseau de relations » : quels sont les acteurs humains, les organisations, les autres objets techniques liés, d'une manière ou d'une autre, à cet objet.

A l'impossible exhaustivité, nous avons préféré l'exploration plus approfondie de certains éléments techniques, précédant ou accompagnant l'émergence d'ARPANET et qui nous ont semble joué un rôle important.

Dans notre inventaire de tous les ingrédients du processus d'innovation, nous avons jugé utile de créer une nouvelle catégorie d'intermédiaires, qui n'est pas identifiée en tant que telle dans la typologie de Michel Callon, appelée « systèmes d'information », terme générique englobant tous les dispositifs, les outils, les produits d'information.

La définition doit en être suffisamment large et imprécise, pour pouvoir comprendre des intermédiaires aussi divers qu'une banque de données, un langage documentaire, un outil ou un procédé de recherche documentaire, un système de production et de partage des informations, un système hypertexte, etc.. L'on sait à quel point ils jouent un rôle considérable dans l'activité scientifique et technique. Ni artefacts ou objets techniques au sens strict, ni textes scientifiques, les systèmes d'information se situent quelque part entre ces deux ensembles.

Aussi nous a-t-il paru intéressant d'en faire une catégorie spécifique, même s'il est vrai que, là encore, les frontières ne sont pas nettes : ainsi le *Project MAC*, vaste projet de *time-sharing* comportant une dimension informationnelle et communicationnelle importante, est-il un « objet technique » ou un « système d'information » ?

En fait, nous nous sommes surtout intéressés à deux types de systèmes d'information :

- le ***Project INTREX***, « produit dérivé » du *Project MAC* (et qui n'a aucun lien direct avec ARPANET)
- les **RFC** (*Request For Comment*), apparues en 1969 et issues du réseau lui-même.

Fondée sur l'exploitation du corpus, la description de toutes ces entités, empiriquement organisée selon des grilles de description cohérentes, nous a ainsi donné une vue « en coupe » du processus d'émergence ; elle nous a permis d'établir différentes cartographies des réseaux de relations tissées entre les multiples acteurs, représentées à l'aide de schémas, eux-mêmes élaborés de manière empirique. Enfin, ce travail d'identification et de description des diverses entités a constitué la base d'une chronologie générale du processus, qu'il nous faut présenter brièvement.

2.5.2.2 Etablir la chronologie

La reconstitution du processus d'émergence d'ARPANET ne peut se faire que dans une double perspective « spatio-temporelle ».

La reconstitution « spatiale » vise à produire une sorte de mise à plat cartographique du processus d'émergence, en cherchant à dessiner comment les multiples entités qui peuplent cette histoire se sont interconnectées, quelles configurations elles ont constituées. C'est l'objet de la démarche descriptive, évoquée ci-dessus et qui passe par l'identification et la description des acteurs et actants. Mais une telle reconstitution ne saurait suffire à rendre compte de la durée des processus, de l'enchaînement temporel des traductions, des événements cristallisateurs, en bref de l'histoire même de l'émergence d'ARPANET.

Un deuxième souci de reconstitution a donc guidé notre démarche, en cherchant à déterminer quand ces réseaux se sont mis en place, comment ils ont évolué au fil du temps, à quels moments ils se sont renforcés, à partir de quels événements ils sont devenus irréversibles, quelles étapes ont scandé, de manière globale, ce long processus.

Vouloir rendre compte d'un processus aussi long et compliqué que celui d'ARPANET nécessite donc, selon nous, le recours à l'un des outils les plus classiques des historiens : la chronologie des faits. Seule la reconstitution chronologique la plus fine et la plus précise possible permet de répondre à ces exigences. Cette chronologie nous a servi non seulement de fil conducteur, mais parfois de garde-fou devant les risques de confusion ou de « noyade » dans la description des enchevêtrements de réseaux.

Elaborée essentiellement par l'entrelacement des multiples chronologies, réalisées pour chaque acteur et actant du processus, cette chronologie générale d'ARPANET[104]paraîtra peut-être trop détaillée et hétérogène, entremêlant toutes sortes d'événements, de faits, d'acteurs, etc.. Le choix était, bien entendu, explicite dès le départ.

Avec, d'une part l'identification et la description des entités permettant une vue en coupe et des cartographies du processus et, d'autre part la chronologie générale permettant une reconstitution temporelle, nous avons pu entreprendre une démarche d'exploration se voulant équilibrée. Mais l'élaboration de la chronologie a indubitablement conditionné notre travail, nous incitant à adopter un point de vue « classiquement » chronologique pour faire le récit de l'émergence.

2.5.2.2.1 L'arbitraire des chronologies et le paradoxe des découpages temporels

[104] Voir dans la partie des Annexes.

Qui dit chronologie dit presque nécessairement périodisation. L'une des questions les plus importantes qui se soit posée à notre travail est la suivante : selon quelle périodisation peut-on découper le long processus d'ARPANET et peut-on y distinguer ces quatre étapes correspondant au « processus de traduction » : la problématisation, l'intéressement, l'enrôlement, la mobilisation des alliés ? Double difficulté de l'entreprise :

- d'une part, **la durée du processus** (presque une quinzaine d'années) : comment distinguer des étapes qui se recoupent sans cesse et qui sont loin de correspondre aux phases d'un processus de traduction ? Mais surtout comment, sur une période aussi longue, garder ou suivre la trace des innombrables opérations de traduction entreprises par un acteur ?.
- d'autre part, son **caractère éminemment collectif, multiple, hétérogène** : plusieurs processus de traduction spécifiques s'entremêlent dans cette histoire et ARPANET est un objet technique particulièrement complexe, défiant tout projet d'observation exhaustive.

S'il faut mettre en garde contre l'illusion de la quête des origines et la linéarité des chronologies trop bien agencées, il convient néanmoins de fournir des repères chronologiques permettant de simplifier l'écheveau compliqué d'ARPANET. Ainsi avons-nous situé le début de notre « récit » dans les années 45-50, point de départ volontairement imprécis d'un long processus menant à la première connexion d'ARPANET entre UCLA et le SRI le 21 novembre 1969. Et nous avons été amenés à distinguer les **quatre périodes** suivantes :

- **du début des années 50 à la fin 1962** : période marquée par l'apparition des premiers acteurs et acteurs-réseaux, l'émergence de différentes problématisations, de projets au départ totalement distincts et dont l'interconnexion progressive aboutira à ARPANET. Le trait marquant (du point de vue de la naissance d'ARPANET) de cette longue période est sans aucun doute l'émergence difficile d'un nouveau modèle de l'ordinateur. Le tournant de 1962, que nous avons retenu comme premier marquage temporel, est constitué selon nous par l'arrivée de Licklider à l'ARPA et la création de l'IPTO. Et c'est à partir de la fin 62 que les divers processus de traduction engagés vont s'accélérer peu à peu pour mener à l'interconnexion de 1969.
- **de la fin 1962 au printemps 1967** : période que l'on peut caractériser par la montée en puissance de la thématique des réseaux informatique, mais aussi par la constitution des premiers réseaux « socio-techniques » de l'informatique interactive. Selon la terminologie de la traduction, cette étape pourrait correspondre à celles de « l'intéressement et de l'enrôlement » des alliés.
- **d'avril 1967 à l'automne 69 :** cette courte période voit le véritable lancement (difficile au demeurant) et la réalisation du projet d'un réseau d'échange et de partage des ressources

informatiques, *i.e.* ARPANET. Cette étape pourrait être considérée, dans une perspective de longue durée, comme la « mobilisation » des alliés débouchant sur la naissance proprement dite d'ARPANET.

- enfin de 1969 à 1972-73 : la dernière étape, dont l'aval reste assez incertain, correspondrait à la consolidation progressive, à l'irréversibilisation du réseau émergent.

Ces découpages restent arbitraires comme toute périodisation historique et illustrent un nouveau paradoxe théorique[105] de ce travail inspiré par la sociologie de la traduction, paradoxe que l'on a déjà rencontré dans l'évocation du corpus et qui met en tension le refus des *a priori* et l'inévitable reconstitution *a posteriori* propre à tout travail historique.

2.5.2.3 Schématiser

C'est peu dire que l'histoire d'ARPANET est embrouillée. Vouloir en reconstituer, à un niveau d'échelle souvent « micro », les multiples opérations de traduction expose à un risque certain : celui de la confusion ou de la désorientation du lecteur. Notre objectif n'étant pas précisément celui-là, nous avons cherché à rendre aussi visibles que possible ces processus compliqués par un jeu systématique de schématisations.

Les schémas et la schématisation sont, on le sait, des « technologies de l'intelligence » de la plus grande importance : non seulement ils constituent une aide précieuse à la compréhension et à la mémorisation[106], mais ils donnent à « voir » d'autres représentations de la réalité et peuvent émerger de nouveaux objets. Dans la sociologie de la traduction, l'établissement de la cartographie des réseaux de l'innovation ne représente pas seulement l'un des principaux objectifs théoriques de cette approche, mais doit déboucher sur une représentation concrètement cartographique et schématique de ces réseaux[107].

Comment établir la schématisation de toutes les micro et macro-opérations de traduction, concernant les très nombreux acteurs et intermédiaires ayant participé à l'émergence d'ARPANET ? De multiples difficultés se sont dressées devant nous pour réaliser cette tâche apparemment simple :

- difficultés théoriques d'abord : que faut-il représenter ? (des entités, des relations, des processus ?) ; quel « répertoire » utiliser pour désigner le contenu des schémas ? (celui de la

---

[105] Nous reviendrons sur les différents problèmes induits par la sociologie de la traduction dans la dernière partie (voir chapitre 7.2 : *Quelles limites à la sociologie de la traduction ?*).

[106] Voir sur ce point les travaux de méthodologie intellectuelle (notamment T. BUZAN, *Une tête bien faite*, Organisation, 1984), de pédagogie, etc..

[107] Voir notamment les outils de cartographie linguistique et de Sociologie Assistée par Ordinateur, sur lesquels nous revenons dans la dernière partie (voir section 7.2.2 *La question des outils de traitement des traces*)

sociologie de la traduction, celui du langage courant ?) ; peut-on élaborer un cadre commun et pertinent pour l'ensemble des schémas représentant des filières et des réalités très diverses ?

- difficultés historiques ou « cognitives » ensuite : jusqu'à quel point peut-on utiliser dans l'élaboration des schémas cette notion de « filière », constitutive de l'émergence d'ARPANET ? jusqu'à quel niveau de détail les schémas doivent-ils descendre ?

- difficultés techniques enfin : comment représenter de manière lisible la diversité des types de relations et de traductions (relations d'influence, d'intéressement, d'opposition, de collaboration, de mobilisation, etc.) ? comment indiquer à la fois des déroulements chronologiques et des processus de mise en réseaux ?

Ces trois types de difficultés étant par ailleurs fortement liées les unes aux autres, les contraintes techniques induisant souvent les choix théoriques.

Après plusieurs expérimentations, nous avons opté pour **les trois principes suivants** :

- **au plan théorique,** nous avons décidé d'utiliser comme **cadre commun la notion des trois « pôles »** définis par Callon, en les adaptant à notre objet. Tous les schémas du processus d'émergence s'organisent autour de cette distinction/imbrication des trois pôles constitutifs des Réseaux Technico-Economiques.

- **au plan historique,** nous avons essayé de représenter sous forme graphique **cinq « filières » ou ensembles de filières et de réseaux** (les filières du Whirlwind, du time-sharing, les réseaux de Licklider, l'ARPA et les filières propres à ARPANET). Chaque chapitre ou chaque section importante se termine ainsi par une sorte de « résumé graphique » des multiples processus et acteurs décrits.

- **au plan technique,** nous avons essayé de trouver une présentation et une disposition cohérentes d'un bout à l'autre, sorte de **« charte graphique »** visant une meilleure lisibilité des schémas.

Ces schémas sont un nouvel exemple de la démarche empirique, voire pragmatique, qui a été adoptée, puisqu'ils ont été élaborés pour les besoins très spécifiques de ce travail. Nous n'avons ici aucune prétention à la généralisation de cette méthode de cartographie d'un processus d'innovation. Pour autant, le souci de la cohérence interne et de la rigueur de présentation nous a guidé d'un bout à l'autre de leur (longue) élaboration.

Comment se présentent-ils ? Hormis trois ou quatre présentations spécifiques des structures de quelques organisations (le MIT, l'ARPA), tous les schémas correspondent aux différentes filières du processus d'émergence d'ARPANET et, à l'intérieur de ces filières, aux principales étapes de leur histoire. Ils se composent ainsi de **quatre ensembles d'éléments** : **une**

chronologie, les trois « pôles » concernés, diverses « entités » disposées dans ces pôles et des relations entre ces entités.

Si nous avons emprunté la notion de pôle de référence, regroupant des acteurs et des intermédiaires de même nature ou de même identité (chercheurs, ingénieurs, usagers, etc.), nous n'avons pu, en revanche, conserver ni les mêmes dénominations ni les mêmes composants de ces pôles. Nous nous en séparons notamment sur les trois points suivants. Dans la perspective de Callon, les trois pôles des RTE correspondent à des « univers » et des réseaux très différents, hétérogènes voire étrangers les uns aux autres. Or, si l'on s'en tient à l'étude de l'émergence d'ARPANET, tout le processus se déroule dans un ensemble relativement restreint, correspondant surtout aux chercheurs et ingénieurs et excluant le grand public. Première différence donc avec Callon : il n'y a pas de pôle « M » correspondant au Marché dans nos schémas, puisqu'il n'existe pas encore de « marché » pour ARPANET, dans la période que nous avons retenue. L'une des principales caractéristiques de cette innovation est l'absence d'usagers extérieurs et la coïncidence entre les concepteurs et les utilisateurs. Il est donc impossible de distinguer dans un pôle spécifique les usagers d'ARPANET, du time-sharing ou des autres innovations informatiques de l'époque. Par contre, l'une des composantes essentielles d'ARPANET n'est pas représentée dans les trois pôles de Michel Callon, à savoir les instances militaires et gouvernementales. Nous avons donc regroupé dans un pôle spécifique, le **pôle Armée (noté A),** toutes les entités (organisations, acteurs humains, etc.) relevant, à un moment ou un autre, de la sphère militaire et politique. Le pôle A (Armée) recouvre ainsi les agences militaires de financement de la recherche (avec l'ARPA au premier plan), les organismes du Pentagone, les trois armes (Navy, US Air Force, Army) et par extension les instances du pouvoir politique, ainsi que les chercheurs que leur trajectoire conduit dans ce pôle. En bref, notre pôle Armée remplace celui du Marché, défini par Callon. Enfin nous n'avons pu retenir la délimitation proposée par Callon entre le pôle Scientifique, produisant les connaissances certifiées et le pôle Technique, assurant la mise en oeuvre de ces connaissances dans la construction d'objets techniques. Concernant l'histoire d'ARPANET (et peut-être au-delà celle de l'informatique), la distinction ne peut être aussi nette entre les chercheurs et les ingénieurs, puisque ce sont généralement les mêmes. Nous avons donc reconfiguré les deux pôles suivants :

- **le pôle S (Scientifique),** qui comprend ici les instances de la recherche académique (universités, laboratoires de recherche, agences civiles de financement de la recherche, associations scientifiques) et les acteurs humains qui y circulent. Nous n'y avons pas inclus les laboratoires des entreprises.

- le pôle E (Entreprises) englobe toutes les entreprises privées ou para-publiques, spécialisées dans l'informatique, les télécommunications, etc.. Il correspondrait au pôle T (Technique) des RTE, augmenté des laboratoires de recherche.

Au total, nos trois « pôles » représentent l'alliance Universités-Armée-Entreprises, qui constitue le cadre global d'émergence d'ARPANET depuis le début du processus jusqu'aux années 70.

A l'intérieur et circulant entre ces trois pôles ont été représentées **cinq types « d'entités »**, représentées chaque fois par une mise en forme typographique homogène :

- **les acteurs organisationnels** (organisations, entreprises, universités, etc.) mais aussi les « acteurs-réseaux » (un thème de recherche fédérateur, comme le time-sharing), sont représentés en caractère Gras, en majuscule et/ou en minuscule ;
- **les acteurs humains**, représentés toujours en minuscule Gras ;
- **les artefacts et les projets techniques** (ordinateurs, projets divers, mais aussi systèmes d'information) sont indiqués en caractère Gras Italique (minuscule ou majuscule) ;
- **les textes** (rapports, articles, ouvrages, etc.) figurent en caractère minuscule Normal Italique et entre guillemets ;
- enfin certains **événements** (dates et faits marquants) : en minuscule, Gras et Normal.

Afin de mieux les identifier et les distinguer, les acteurs organisationnels et les « acteurs-réseaux » importants ont été représentés par des **ellipses**, à l'intérieur desquelles figurent les acteurs et entités qui composent (ou appartiennent à) cette organisation. La taille et l'emplacement de ces ellipses donnent une indication de l'importance et de la localisation de l'acteur-réseau parmi les trois pôles.

Le dernier ensemble d'éléments que nous avons cherché à symboliser dans ces schémas concerne les relations entre les entités et les pôles. Compte-tenu de l'impossibilité d'indiquer toutes les formes de relations et d'interactions (au risque de rendre les schémas totalement illisibles), nous avons opté pour un système homogène et forcément réducteur de quatre types de fléches. Tout d'abord, nous avons pu représenter trois types spécifiques de relations ou de traduction :

- **les flux financiers** (*i.e.* les financements de projets par une agence) ont été identifiés par une flèche en pointillé : ----------▸
- **les transformations de projets ou d'acteurs,** résultats de diverses micro-opérations de traduction, ont été représentées par une double flèche : ⟹
- **les opérations indiquant une « mobilisation », un alignement, une forte convergence d'acteurs/actants**, autour d'un projet ou d'un acteur-réseau commun ont été indiquées comme suit : ⟶

Enfin, **les relations simples et de toutes natures** (i.e. d'appartenance, « d'intéressement », d'association, etc.) entre deux entités ou entre deux pôles ont été représentées par de simples flèches :

DEUXIEME PARTIE

TRAJECTOIRES

L'émergence d'ARPANET

Suivi et description des acteurs, des réseaux et des « lignées » convergeant vers la naissance d'ARPANET

3. AUX SOURCES D'ARPANET

Comment retracer l'enchaînement des traductions qui ont abouti à la première connexion du 21 novembre 1969 entre UCLA et le SRI ?
Selon nous, il faut remonter au moins aux années 50 pour voir se mettre en place tous les éléments qui aboutissent à l'interconnexion de 1969. Cette première période voit non seulement l'apparition des premiers acteurs et intermédiaires, mais aussi l'établissement des fondements techniques, idéologiques, stratégiques et sociaux du futur ARPANET.
Dans cette étape assez longue et difficile à délimiter, quels sont ces différents acteurs ou ensembles d'acteurs, dont l'interconnexion progressive constituera une part essentielle de l'histoire d'ARPANET ? Ils sont d'importance, de nature et de taille extrêmement inégales.

Au premier plan, il faut mentionner le courant de recherche sur les ordinateurs « à temps partagé », *i.e.* en « *time-sharing* ». Le *time-sharing* peut être considéré lui-même, à partir du début des années 60, comme un acteur-réseau à part entière, par le nombre, la diversité, la qualité des acteurs et actants concernés, la solidité des relations, la capacité d'attraction que ce thème de recherche va exercer dans le champ de l'informatique d'alors. L'histoire de ce nouveau type de système d'exploitation est centrale car ce mouvement de recherche va devenir l'un des supports privilégiés de l'élaboration d'une nouvelle vision de l'informatique, l'informatique interactive. Aussi l'étude des forces, des acteurs, des intermédiaires, des discours et des controverses qui constituent le thème du *time-sharing* fournit-elle un éclairage indispensable pour saisir la genèse du processus de création d'ARPANET, largement redevable de cette première « lignée ».

On ne peut retracer l'émergence du *time-sharing* sans en évoquer d'abord le cadre principal : le célèbre *Massachussets Institute of Technology* (MIT). Le MIT domine la décennie des années 50 en matière de recherche informatique et nous verrons en quoi il constitue la véritable matrice d'ARPANET, aux plans technique (avec le *time-sharing* qui naît dans ses laboratoires, le *Whirlwind*, le système SAGE, mais aussi la transmission par paquets), théorique (avec la prégnance de la cybernétique puis avec l'élaboration de cette nouvelle vision d'une informatique interactive) et surtout aux plans humain et social (la quasi-totalité des initiateurs d'ARPANET sont issus du MIT, par ailleurs au carrefour de tous les acteurs de l'informatique des années 50).
C'est également au cours de cette période encore incertaine qu'est décidée la création de l'organisme, l'ARPA, qui deviendra l'initiateur, le support et l'organisateur du futur réseau qui

prendra son nom, ARPANET. Nous évoquerons donc les conditions de création de cette agence et ses premières années difficiles.

Les années 50 constituent enfin la période de formation, de maturation, ou d'émergence de plusieurs des principaux acteurs d'ARPANET : chercheurs, administrateurs de la recherche, théoriciens des réseaux, entreprises... Nous décrirons ainsi quelques uns de ces acteurs, humains ou organisationnels : les pionniers du *time-sharing*, les laboratoires du MIT, l'entreprise BBN, Engelbart le pionnier des interfaces et des hypertextes et surtout le personnage central de J.C.R Licklider, dont l'arrivée à l'ARPA en octobre 1962 vient, selon nous, « ponctuer » cette première période du processus d'émergence.

En résumé, il nous apparaît que la venue de Licklider à l'ARPA et la création de l'IPTO, qui résulte de son arrivée, traduit la première interconnexion entre deux « mondes » jusqu'alors distincts, la nouvelle agence de financement de la recherche et le mouvement de recherche sur le *time-sharing* ; et cette « traduction » réussie (la création de l'IPTO par Licklider) a donné le vrai coup d'envoi aux recherches sur une nouvelle informatique, devant déboucher sur ARPANET quelques années plus tard.

Fallait-il remonter si loin dans le temps pour rendre compte de la naissance d'ARPANET ? Ne cède-t-on pas ici au « mythe des origines » lointaines ? A travers cette longue évocation de la « préhistoire » des réseaux, c'est une autre histoire d'Internet qui se donne à voir, davantage inscrite dans la longue durée. C'est aussi l'idée qu'Internet, loin d'être un produit de la guerre froide, est d'abord un produit de l'informatique, une étape capitale dans le développement des ordinateurs, qui ne peut se comprendre sans une remontée aux (multiples) origines.

C'est enfin l'hypothèse qu'Internet, ou plutôt ARPANET, constitue la traduction majeure de l'une des voies de développement de l'informatique, de cette « filière » interne à la science des ordinateurs qui naît avec le *Whirlwind*, se développe avec le système SAGE, bifurque et s'approfondit avec le *time-sharing*, se diversifie encore avec les recherches sur les interfaces et l'hypertexte et enfin se rassemble avec la mise en réseaux généralisée, annoncée par ARPANET. Lignée socio-technique particulière, qui n'est pendant longtemps qu'une lignée parmi d'autres de l'informatique (aux côtés de l'informatique de calcul, de gestion, de l'intelligence artificielle) et qu'il importe de remonter aussi loin que possible.

Pour commencer cette exploration, il faut revenir à l'aube commune de l'informatique et de la cybernétique.

3.1 Le creuset cybernétique

Il ne faut voir aucune prééminence dans les multiples origines d'ARPANET dans le fait d'évoquer en premier lieu la cybernétique. La cybernétique, l'ordinateur, la théorie de l'information mais aussi les intérêts militaires et stratégiques sont tellement imbriqués à la fin des années 40 qu'il est impossible, selon nous, d'établir des préséances. Il faut penser l'hétérogénéité et l'enchevêtrement des acteurs et des lignées et la cybernétique est un point de départ qui en vaut bien d'autres.

On sait la part essentielle de la « science du contrôle et de la communication » dans l'essor de l'ordinateur et la genèse de l'idéologie de la communication[1], la création des « machines artificielles » et de l'Intelligence Artificielle, l'élaboration des nouvelles visées systémiques de la communication (avec Bateson et l'Ecole de Palo Alto), la naissance des sciences cognitives : en dépit de ses échecs et de son histoire contrastée, la liste des apports de la cybernétique au mouvement général des idées, des sciences et des techniques est particulièrement fournie et loin d'être épuisée.

Mais ce n'est pas cet aspect de la cybernétique qui nous intéresse ici, *i.e.* celui de ses contenus, de ses apports conceptuels et de son bilan intellectuel. Nous nous intéresserons plutôt au rôle de catalyseur, d'attracteur, qu'elle a pu opérer par cette interconnexion généralisée entre des problématiques, des théories, des énoncés, des lieux de recherche et des chercheurs. Dupuy[2] a très bien montré par exemple ce rôle de catalyse intellectuelle joué par les fameuses conférences Macy, en plus de leur apport théorique considérable. Organisées à l'initiative de la Fondation médicale Macy, ces conférences réunissent de 1946 à 1952, à un rythme semestriel, une vingtaine de membres permanents et un certain nombre « d'invités ». Les participants à ces conférences représentent alors l'élite scientifique des chercheurs du moment, puisque les plus grands noms des différentes disciplines vont se retrouver pour discuter de tous les thèmes cybernétiques.

Si l'on devait faire la cartographie des forces, des lieux et des acteurs qui composent l'acteur-réseau « Cybernétique », le MIT y occuperait une place centrale. Même si la cybernétique naissante s'organise dans les années 1942-43 autour du triangle Cambridge (avec Wiener), Mexico (avec Rosenblueth) et Chicago (avec McCulloch) et n'aura pas de « lieu à elle », comme l'explique Dupuy, il n'en demeure pas moins que le MIT va devenir l'un de ses hauts-lieux et qu'inversement, la cybernétique va imprégner en profondeur le célèbre institut.

---

[1] Sur ce point, voir BRETON, Philippe. *Une Histoire de l'informatique.* Paris : La Découverte, Seuil, 1990

[2] DUPUY, Jean-Pierre. *Aux origines des sciences cognitives*. Paris : La Découverte, 1999

Deux exemples illustrent ce double mouvement : les réunions de Wiener et le RLE.

3.1.1 De mini-conférences Macy ? Le cercle de Wiener

Les conférences Macy sont le symbole fort de la cybernétique, de son caractère interdisciplinaire et du bouillonnement intellectuel dont elle a été l'occasion.

Mais elles ne sont pas les seules : en plus de ces conférences qui se déroulaient à New York et réunissaient tous les six mois des chercheurs de toutes les universités, une autre série de réunions, plus limitées et, semble-t-il, moins connues, se seraient déroulées au MIT[3].

Une sorte de « conférences Macy » propres à l'institut de Cambridge.

Ces réunions sont organisées par le seul Wiener à partir de l'hiver 1947[4]. L'un des principaux fondateurs de la cybernétique aurait ainsi réuni autour de lui un cercle d'une cinquantaine de personnes, appelé le « cercle de Wiener », et organisé des réunions hebdomadaires au MIT.

Le psycho-acousticien Joseph Licklider, qui vient de rejoindre le MIT après avoir travaillé pendant la guerre à Harvard, participe alors avec assiduité à ces réunions vers la fin des années 40 et évoque le climat de « formidable effervescence intellectuelle » qui règne à Cambridge au lendemain de la seconde guerre mondiale, créé en bonne partie par et autour de Wiener.

Jerôme Wiesner, autre chercheur très impliqué dans la cybernétique (et futur conseiller scientifique de Kennedy) participe également à ce « cercle de Wiener » du MIT, rassemblant des chercheurs de toutes disciplines. Si, selon Wiesner, la première réunion « tient de la tour de Babel », dans laquelle des ingénieurs, des psychologues, des philosophes, des acousticiens, des médecins, des mathématiciens, des neurophysiologistes essaient d'intervenir dans un certain désordre, les réunions s'organisent dès la deuxième rencontre et les intervenants présentent successivement et brièvement les résultats de leurs recherches, accompagnées de discussions. Peu à peu, une meilleure compréhension s'installera, faisant de ces réunions, qui dureront plusieurs années, une expérience fondatrice pour la plupart des participants.

---

[3] Nous utilisons le conditionnel car nous n'avons trouvé trace de ces réunions que dans l'interview de Licklider et dans le livre des Hauben. Si nous avons pensé au départ qu'il s'agissait des conférences Macy, la confrontation du témoignage de Licklider avec les nombreuses informations fournies par Jean-Pierre Dupuy sur les conférences Macy nous a convaincu qu'il ne pouvait s'agir que de réunions différentes.

[4] Alors que les conférences Macy sont d'abord à l'initiative de McCulloch et commencent dès 1946.

Le thème central des réunions du « cercle de Wiener » concerne bien entendu la communication. Au sein du MIT se crée ainsi un groupe de chercheurs qui participent avec ferveur à ces discussions sur la cybernétique.

Dans la trajectoire personnelle de Licklider, c'est à partir de ces réunions hebdomadaires du MIT et de la septième conférence Macy, à laquelle il est invité en 1950, que ce psycho-acousticien va constituer son premier réseau de contacts parmi les pionniers de l'informatique.

Ces séminaires hebdomadaires de Wiener vont ainsi participer à la création d'un réseau informel, sorte de « collège invisible » reliant l'informatique, la cybernétique et la théorie de l'information (Shannon est très présent dans ce bouillonnement intellectuel), qui va constituer l'un des « noyaux » des futurs réseaux de l'informatique interactive de la décennie suivante.

3.1.2 Le *Research Laboratory for Electronics* : foyer de la cybernétique au MIT

Le cadre principal de ces réunions et le support de la notoriété croissante de Wiener au MIT est le *Research Laboratory for Electronics* (RLE). Cet important laboratoire du MIT aurait été créé pendant la seconde guerre mondiale pour servir de cadre aux recherches sur les radars et pour aider les Britanniques dans l'effort de guerre des Alliés[5].

Le *Research Laboratory for Electronics* a été très marqué par la cybernétique de Wiener. En effet, d'après Jerome Wiesner, la tradition interdisciplinaire de recherche du RLE, qui sera le trait principal de ce laboratoire, s'est développée à partir des séminaires de Wiener de l'hiver 1947.

Les idées de Norbert Wiener sur la communication, le feedback dans la relation homme-machine, en relation avec le travail de Shannon, « *ont engendré une nouvelle vision de la recherche pour tous ceux qui s'intéressaient à la communication, incluant les recherches de neuropsychologie, sur la parole et la linguistique* » . « *Le travail était à la fois théorique et expérimental, aussi bien que fondamental et appliqué (...) et il a conduit à de nouvelles idées et à leur réalisation pratique, laissant une trace sur l'actuel RLE* »[6].

Plutôt orienté vers la recherche théorique et fondamentale sur l'électronique, l'informatique et la théorie de l'information, que destiné aux applications technologiques, le RLE va donc jouer un

---

[5] Nous n'avons pu déterminer s'il s'agit d'un laboratoire totalement indépendant ou d'un laboratoire géré par le *Department of Electrical Engineering*, structure administrative de référence de la plupart des laboratoires d'électronique et d'informatique du MIT.

[6] Selon Jerome Wiesner, cité dans HAUBEN, Ronda et Michael, *op. cit*., p. 79

rôle essentiel dans les années 50 au MIT comme support de nombreuses recherches inter-disciplinaires, menées dans l'esprit du fondateur de la cybernétique. Il sera également la matrice d'un autre laboratoire célèbre, le Lincoln Lab*oratory* (que nous présentons plus loin). Par ailleurs, dans notre « cartographie » des acteurs d'ARPANET, le *Research Laboratory for Electronics* est un lieu de formation de quelques acteurs majeurs de l'informatique interactive comme Licklider et Robert Fano, qui va y travailler longtemps durant les années 50.

Pour conclure cette brève évocation, nous retiendrons surtout l'idée que la cybernétique a rempli un double rôle dans le long processus d'émergence d'ARPANET :

- elle a représenté un cadre intellectuel de référence particulièrement riche pour la plupart des recherches ultérieures autour des notions de communication, de commande et de contrôle, etc.. La cybernétique a fourni ainsi une bonne partie des fondements des thèmes de l'informatique interactive et communicationnelle, qui s'épanouiront dix ans plus tard.
- elle a également structuré un réseau de chercheurs travaillant dans une démarche interdisciplinaire, qui s'est incarnée au MIT dans l'un des plus célèbres laboratoires d'électronique, le RLE.

La cybernétique aura été ainsi le véritable creuset de la communication, dans lequel se sont entremêlés des problématiques, des approches disciplinaires et des réseaux d'acteurs venus de divers horizons. ARPANET en sera l'un des nombreux (et lointains) produits.

3.2 La matrice socio-technique : Whirlwind, SAGE et MIT

La décennie des années 50 voit la rapide montée en force de l'ordinateur et de l'informatique, dans les cercles encore restreints de la recherche civile et militaire des Etats-Unis.
Nous évoquerons ici ce vaste mouvement de recherche à partir de l'hypothèse considérant l'ordinateur comme un « acteur », autour duquel va se constituer peu à peu un « acteur-réseau » essentiel : celui de l'informatique américaine.

3.2.1 L'ordinateur comme point de convergence et « attracteur »

Au début des années 50, les premiers ordinateurs américains viennent à peine de naître et les modèles se comptent à peine sur les doigts des deux mains : le BINAC, l'UNIVAC 1, la machine IAS de von Neumann, l'EDVAC, l'IBM 701, le *Whirlwind*. Au total, à peine une vingtaine de calculateurs et d'ordinateurs (les calculateurs électroniques comme l'ENIAC n'étant pas vraiment des ordinateurs) sont installés sur l'ensemble des Etats-Unis en 1950.
Ce nouvel objet technique n'en devient pas moins très vite un puissant centre d'attraction pour les recherches scientifiques les plus diverses et le point de convergence d'intérêts multiples, notamment militaires et économiques.

Cette histoire est connue et nous n'allons pas la retracer ici. Nous voudrions surtout insister sur la capacité, acquise *de facto* par ce nouvel objet technique, à attirer, capter, détourner, relier et redistribuer de très nombreuses « entités » : individus, organisations, intérêts divers. A l'aube des années 50, l'ordinateur, loin d'être cet « intermédiaire » banalisé et presque invisible qu'il est devenu aujourd'hui, est bel et bien un « acteur », au sens de la sociologie de la traduction, associant autour de lui de nombreuses entités. Il est au coeur d'un triple mouvement de convergence, que l'on pourrait résumer ainsi :
- convergence, interne au « pôle scientifique », d'intérêts scientifiques et personnels ;
- convergence science / armée ;
- convergence science / entreprises.

Cette interpénétration du militaire et du civil, de l'université et de l'entreprise, trait bien connu du système américain, mérite qu'on s'y arrête un instant.

3.2.1.1 L'ordinateur comme « attracteur scientifique »

Dès sa création, l'ordinateur sera le point de convergence d'intérêts scientifiques multi-disciplinaires, mais aussi d'intérêts individuels.

Que l'ordinateur soit au coeur d'un certain nombre de débats et de problématiques scientifiques, portés par la cybernétique naissante, avec qui il fera pendant quelques années « course commune » selon l'expression de Philippe Breton[7], est désormais un fait bien établi. Outre les échanges personnels incessants entre les premiers « informaticiens » (notamment von Neumann, Goldstine) et les cybernéticiens (Wiener, McCulloch), entre 1945 et 1952, les nouvelles machines à traiter l'information ont intéressé les scientifiques de tous horizons, réunis dans les conférences Macy de la première cybernétique. Analogie entre le cerveau et l'ordinateur, théorie de l'information, machines artificielles, systèmes d'information : une part importante des thèmes de la cybernétique est étroitement liée aux nouvelles machines. L'un des tout premiers ordinateurs, la machine *IAS* de von Neumann (du nom de *l'Institute of Advanced Study* de Princeton), illustre bien cette symbiose entre la cybernétique et l'informatique naissante ; en effet, sa réalisation en est confiée à l'ingénieur Jilian Bigelow, qui est auteur, avec Wiener et Rosenblueth, de l'un des articles fondateurs de la cybernétique en 1942.

A l'inverse, les concepts de l'ordinateur doivent beaucoup aux premières notions des cybernéticiens sur les « machines logiques ». Jean-Pierre Dupuy explique par exemple très clairement en quoi la conception de l'ordinateur développée par von Neumann (pour la construction de l'ENIAC puis de l'EDVAC), fondée sur la séparation entre l'architecture logique et l'infrastructure matérielle, est fortement redevable de la notion de machine logique, développée quelques mois plus tôt par le neuropsychiatre Warren McCulloch[8].

Objet de débats et de théories, l'ordinateur va devenir également un «attracteur » de chercheurs, venus d'horizons divers. Une bonne partie des techniciens et ingénieurs, regroupés autour de l'ordinateur dans les années 50, provient des Départements d'*Electrical Engineering* (*i.e.* d'électronique) des universités. Si l'électronique est le vivier de l'informatique naissante, l'ordinateur apparaissant alors comme le prolongement naturel des machines électroniques, on ne saurait en dire autant de la physique, des mathématiques, de l'acoustique, de la psychologie ou des lettres. Pourtant plusieurs chercheurs, venus de ces disciplines plus éloignées, vont réorienter, totalement ou partiellement, leur champ, leur projet, leurs préoccupations de

---

[7] P. BRETON, *Une Histoire de l'informatique*, La Découverte, Seuil, 1990, p. 151

[8] DUPUY, Jean-Pierre. *Aux origines des sciences cognitives*. Paris : La Découverte, 1999, p. 62

recherche vers l'informatique, donnant ainsi une toute autre orientation que celle qu'ils avaient prévue à leur carrière professionnelle. Si l'on prend l'exemple de quelques uns des personnages d'ARPANET ou du *time-sharing*, nous pouvons ainsi citer Fernando Corbato et Wesley Clark qui abandonneront la physique, Licklider et Robert Taylor qui préféreront passer de la recherche en acoustique à la recherche informatique, sans parler de Ted Nelson, l'un des premiers littéraires venus à l'informatique.

3.2.1.2 Le symbole de l'imbrication armée / universités

Philippe Breton a clairement montré l'imbrication originelle entre l'ordinateur et la guerre, en retraçant les conditions de la construction de l'ENIAC, dernier grand calculateur construit pendant la guerre pour les besoins du *Manhattan Project* (même si l'ENIAC ne sera prêt qu'une fois la guerre finie), puis en évoquant les premières machines et les projets militaires dont elles étaient l'expression. Dès sa naissance, l'ordinateur est donc l'un des symboles les plus forts de cette nouvelle « alliance », scellée entre l'armée et les universités dans le désert de Los Alamos pour la fabrication de la bombe atomique.

De fait, tous les premiers ordinateurs construits dans les universités américaines proviennent de commandes de l'armée : l' ENIAC puis l' EDVAC, la machine IAS qui servira au programme nucléaire américain et surtout le *Whirlwind* du MIT.

3.2.1.3 L'ordinateur au centre des trois pôles : science-armée-entreprises

Mais l'ordinateur naissant intéresse aussi les entreprises, par ailleurs étroitement liées aux contrats militaires. Trois exemples parmi les premiers ordinateurs, le BINAC, l' UNIVAC et l'IBM 701, illustrent cette position centrale de l'ordinateur, placé à l'intersection de plusieurs mondes, « objet-frontière » que se partagent plusieurs acteurs, selon la notion de Star et Griesemer[9].

Dès la fin 1946, après l'éclatement de l'équipe de la Moore School qui construit l'EDVAC et le procès qui les oppose à von Neumann, deux des « pères fondateurs » de l'ordinateur, Eckert et

[9] Selon Star et Griesemer, l'objet technique constitue lui-même la frontière dans le processus d'innovation. L' objet frontière se situe à la frontière du monde des concepteurs, dont il exprime les représentations de l'usager, les valeurs, les compétences supposées et du monde des utilisateurs (de ses valeurs, ses représentations, la signification de l'objet pour lui, etc.). L'objet frontière sépare et relie à la fois les deux mondes, il permet aux concepteurs de ne pas se préoccuper des usagers et aux usagers de ne pas entrer dans le travail des concepteurs et désigne l'articulation entre différents mondes sociaux, engagés dans des pratiques communes autour du même objet. Notion définie par Susan Leigh Star et James Griesemer dans « Institutionnal Ecology, Translations and Boundary Objects : Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Verbrate Zoology (1907-1939) », In *Social Studies of Sciences*, vol. 19, Sage, Londres, 1989, p. 387-420

Mauchly, entrevoient l'avenir commercial de ce nouvel objet et quittent la Moore School pour fonder leur entreprise, *l'Electronic Control Company*, inaugurant ainsi la longue lignée des transferts de compétences, de savoir-faire et de technologie entre l'université et le monde des affaires, dans le domaine de l'informatique.

La machine qu'ils vont concevoir et construire, le *BINAC* (*BINary Automatic Computer*), est une commande de la société d'aéronautique Northrop Aircraft Co., qui veut l'utiliser à bord d'un de ses avions. Même s'il sera un échec commercial et technologique, le BINAC annonce les premiers ordinateurs commerciaux.

Eckert et Mauchly se lanceront quelques années plus tard, en 1949, dans la construction d'une machine plus importante et appelée à un avenir plus assuré, l'UNIVAC 1[10].

Mais l'entreprise de Eckert et Mauchly, au bord de la faillite, sera rachetée en mars 1950 par une grande entreprise de mécanographie, la *Remington Rand* (du nom de son fondateur James Rand), déjà impliquée dans la construction des ordinateurs[11]. Une nouvelle division est créée au sein de Remington Rand, prenant le nom de la machine, la *Univac Division*, qui assurera la commercialisation de l'UNIVAC 1 à partir de 1951.

Parmi les premiers ordinateurs, le troisième à symboliser cette convergence entre la recherche et le marché est l'IBM 701. Cette fois, l'initiative provient d'un acteur déjà ancien du pôle des entreprises, la célèbre firme de mécanographie. Si les réticences initiales de plusieurs dirigeants d'IBM envers les nouveaux ordinateurs sont connues[12], IBM s'est lancée néanmoins très vite dans la construction des ordinateurs. Après plusieurs prototypes de calculateurs-ordinateurs (l'IBM SSEC, l'IBM 603), la firme met au point son premier ordinateur commercialisé, l'IBM 701 qui sort en 1953. Il s'agit là d'un ordinateur scientifique à usage militaire, réalisé sur une commande du Pentagone.

Pour conclure sur cette position centrale de l'ordinateur, à la confluence des trois sphères de l'université, de l'armée et de l'entreprise, les relations exprimées par ces modèles d'ordinateurs pourraient être schématisées de la manière suivante :

- avec l'EDVAC, la machine de IAS et le *Whirlwind* s'exprime la relation Université-Armée ;
- le BINAC « traduit » la relation Université-entreprises ;

---

[10] Conçu pour assurer le dépouillement du recensement de 1950, cet ordinateur très puissant, achevé en 1951, est le premier ordinateur de gestion dédié au marché civil.

[11] A noter que la Remington Rand n'a rien à voir avec la RAND Corporation, avec qui elle peut être parfois confondue.

[12] « *On ne vendra jamais plus de deux ordinateurs dans le monde* », aurait déclaré l'un des dirigeants d'IBM...

- l'UNIVAC, la relation Entreprise-Entreprise ;
- l'IBM 701 exprimerait, quant à lui, la relation Entreprise-Armée.

Dans ce jeu complexe, multidirectionnel, des échanges et des relations reliant les trois pôles, l'ordinateur peut être considéré comme un acteur au sens plein, « traduisant » de multiples interactions et intérêts.

Nous développerons l'exemple particulièrement significatif du *Whirlwind*, pour illustrer l'émergence de cet « acteur-réseau » à part entière qu'est l'ordinateur fraîchement né.

3.2.2 Le *Whirlwind* comme « opérateur » de multiples traductions

L'histoire de ce premier ordinateur en temps réel est exemplaire de l'imbrication entre l'armée et la recherche, comme l'a montré Philippe Breton. Elle est importante pour la genèse du *time-sharing*, dont il sera question plus loin. Mais elle montre également que les relations entre l'armée et l'ordinateur sont plus complexes que ne le laisserait supposer une interprétation linéaire, faisant de l'ordinateur une simple « application », créée pour des besoins militaires.

Nous évoquerons donc l'histoire de ce célèbre ordinateur en insistant sur le réseau sociotechnique qui va se constituer autour et à partir de lui et sur les traductions qui vont marquer son évolution. Le *Whirlwind* est aussi pour nous un point d'entrée particulièrement pertinent pour décrire les nombreux composants du futur ARPANET : nous verrons en effet en quoi le *Whirlwind* est au départ de plusieurs « lignées » techniques et de réseaux d'acteurs, humains et organisationnels.

3.2.2.1 Du projet de simulateur de vol...

Pour situer le cadre de naissance du *Whirlwind*, il faut remonter à la création d'un laboratoire de servomécanismes au MIT, le *Servomechanisms Laboratory*, créé en 1939 et dirigé par un jeune maître assistant d'électronique, Gordon S. Brown, que nous aurons l'occasion de retrouver à plusieurs reprises, compte tenu des importantes responsabilités qu'il exercera au MIT.

Créé par le Département *d'Electrical Engeenering*, ce nouveau laboratoire correspond, à l'origine, à une demande de recherche formulée par la *Navy* au MIT : il s'agit de lancer un programme spécial de recherches sur les servomécanismes (*i.e.* les dispositifs de réglage automatique d'une grandeur quelconque : vitesse, position, température, etc..) et les dispositifs de contrôle de tir.

Pendant la guerre, le laboratoire entreprend plusieurs recherches pour le compte du gouvernement et de partenaires commerciaux[13].

Parmi ces recherches militaires figure la conception d'un simulateur de vol universel, nommé *Airplane Stability and Control Analyzer* (*ASCA*). Conçu en octobre 1944, ce projet vise à améliorer les performances encore limitées des simulateurs de vol existants. La technologie envisagee est encore celle des dispositifs analogiques, *i.e.* des calculateurs analogiques dont le MIT avait été l'un des précurseurs.

Les recherches sur ce qui s'appelle alors « l'analyse dynamique et le contrôle» se développent rapidement au sein du laboratoire de servomécanismes et donnent naissance à un groupe de recherche spécifique. Après la guerre, ce nouveau groupe continue de développer des systèmes de contrôle automatisé pour les missiles de la *Navy* et, en 1946, se sépare du laboratoire pour former le *Dynamic Analysis and Control Laboratory*.

Nous voyons là un type de processus courant dans l'histoire de l'informatique, marqué par la chaîne de traductions suivante : un programme de recherche → un laboratoire → plusieurs projets de recherche → plusieurs groupes → plusieurs laboratoires...

Phénomène « d'essaimage », sur lequel semble reposer une partie du système américain de recherche scientifique.

Après la fin de la guerre, le *Servomechanisms Laboratory* a donc donné naissance, d'une part à un nouveau laboratoire consacré aux recherches sur les dispositifs de contrôle, d'autre part à un projet de simulateur de vol, appelé à prendre une certaine ampleur.

En effet, l'un des chercheurs, Jay Forrester, ayant découvert en 1945 les travaux sur l'ENIAC et surtout les plans de l'EDVAC de von Neumann annonçant les ordinateurs, le choix de cette nouvelle technologie des machines numériques va s'imposer. La machine envisagee en 1945 (qui n'a pas encore de nom) est donc une « machine de type von Neumann », avec quelques particularités dues à sa fonction de simulateur de vol. Car une véritable simulation implique la simultanéité des échanges d'informations (entre les commandes du pilote et le simulateur, dans le contrôle des instruments) et implique donc de construire une machine capable de fonctionner en temps réel.

---

[13] Notamment le développement de systèmes automatisés de contrôle pour le guidage des missiles de la Navy. Il est possible que ce premier domaine de recherche ait vu la participation des chercheurs travaillant sur la balistique et la défense anti-aérienne, c'est-à-dire une partie des fondateurs de la cybernétique : Wiener et Bigelow notamment, qui sont au MIT pendant la guerre. Un deuxième domaine concerne les dispositifs de servocontrôle pour les radars.

Le projet *ASCA*, dirigé par Forrester avec l'assistance de Robert Everett, est ainsi modifié en 1946 : il s'agit désormais de construire pour le simulateur de vol un ordinateur numérique et non plus un calculateur analogique. Le projet est renommé *Project Whirlwind* (signifiant tourbillon).

« Rêve de physicien et cauchemar d'ingénieur », selon l'expression d'un officier-ingénieur de la *Navy* cité par Breton, le projet commence vraiment à être développé, à partir de 1946 dans le laboratoire de servomécanismes, sur un contrat de l'US *Navy* (le *Navy's Special Devices Center*). Jay Forrester est le responsable d'une petite équipe, qui comprend alors Adams, Robert Everett et Ken Olsen.

3.2.2.2 Au premier ordinateur en temps réel

En 1946-47, ce projet de simulateur de vol concerne donc un projet d'ordinateur d'un type particulier (ordinateur en temps réel), un laboratoire déjà existant au MIT (le Laboratoire de servomécanismes), une équipe restreinte de quatre chercheurs et un financement par un centre de recherche de la *Navy*. Après une première « traduction », qui a surtout modifié la nature technique de projet (passage de la technologie analogique à la technologie numérique), de nouvelles traductions vont intervenir, vers 1948 et 1950, indiquant une redistribution des forces et une redéfinition du projet.

Progressivement, les travaux sur le *Whirlwind* vont prendre le pas sur les recherches du groupe sur « l'analyse et le contrôle », qui seront abandonnées en 1948.

La montée en force du projet intéresse de nouveaux acteurs plus puissants et, en 1948, le projet du *Whirlwind* est repris par l'une des principales agences militaires de financement de la recherche, l' ONR (*Office of Naval Research*)[14], ce qui signifie l'arrivée d'un « allié » de poids et une redistribution des forces regroupées autour du projet.

A partir de 1948, le projet du *Whirlwind* évolue également au plan technique : de calculateur spécialisé pour une seule fonction (la simulation de vol), il devient un ordinateur « universel »,

[14] Dans le financement des contrats de recherche, accordés par l'armée aux universités ou aux entreprises, deux agences militaires de recherche semblent se partager alors le terrain :
- d'une part, l'ONR (*Office of Naval Research*), qui dépend de la Marine (Navy) et qui finance une partie des recherches informatiques dès les années 40 ;
- d'autre part, l'AFOSR (*l'Air Force Office of Scientific Research*), qui dépend de l'armée de l'air (l'US Air Force) et semble jouer un rôle encore plus important dans le financement de la recherche informatique.

capable d'effectuer de multiples fonctions en « temps réel » (contrôle de tir, poursuite radar) et porteur d'un grand nombre d'innovations techniques en informatique.

Au début des années 50, bien qu'il s'agisse d'une « machine Von Neumann » encore « primitive » (selon l'expression du chercheur Fernando Corbato), elle possède un accès en parallèle à la mémoire et devient, de ce fait, l'ordinateur le plus rapide du moment pouvant fonctionner « en temps réel », à 24 microsecondes.

Vers 1950, un nouveau laboratoire est créé au MIT dans le *Department of Electrical Engineering*, sans doute le premier laboratoire du MIT spécialisé en informatique : le *Digital Computer Laboratory*, placé sous la direction de Jay Forrester. Créé en relation avec le *Whirlwind*, ce laboratoire n'accueille l'ordinateur qu'en 1951, lorsque le *Project Whirlwind* et son équipe (Jay Forrester, Adams, Robert Everett et Ken Olsen) sont officiellement détachés du *Servomechanisms Laboratory* et affectés au *Digital Computer Laboratory* [15].

3.2.2.2.1 Le *Whirlwind* comme « dispositif d'intéressement » de chercheurs

Nouvelle concentration de moyens, de compétences, de matériels : l'histoire du *Whirlwind*, à l'aube des années 50, peut se caractériser par toute une série d'opérations de traduction, à la fois organisationnelle (comme nous l'avons vu avec le transfert à un nouveau laboratoire), technique (par les nombreuses innovations qui vont survenir et que nous détaillons plus loin), sociale enfin (par le recrutement de nouveaux chercheurs).

Le nouvel ordinateur en construction est devenu, entre 1948 et 1951, un important projet de recherche au MIT, drainant autour de lui ressources, chercheurs, multiples intérêts entremêlés.

Au-delà de ses objectifs militaires officiels, ce premier ordinateur en temps réel va ainsi permettre à de nombreux étudiants et enseignants du MIT de découvrir l'informatique.

Trois cas sont intéressants à relever :

- d'abord celui du psycho-acousticien et cybernéticien Joseph Licklider, qui commence à s'intéresser aux ordinateurs dès 1948 et suivra de près les travaux de Forrester. Mais il ne s'agit encore que d'un simple intérêt théorique ;

[15] Selon un document du MIT « *History of the MIT Servomechanisms Laboratory* », disponible à l'URL suivante : http://libraries.mit.edu/archives/histories/servo.html

- celui d'un autre chercheur, physicien de formation, qui va franchir le pas et venir rejoindre l'équipe du *Whirlwind* : Wesley Clark ;
- enfin celui d'un jeune étudiant, pour qui le *Whirlwind* représentera le premier contact avec l'ordinateur : Fernando Corbato.

Le cas de Wesley Clark est particulièrement intéressant, car il s'agit non seulement de l'un des pionniers de l'informatique en général, mais aussi d'un personnage qui jouera, ponctuellement, un rôle important dans l'émergence d'ARPANET. En 1949, ce physicien, en congé exceptionnel du Département de Physique de l'Université de Californie, travaille alors à Hanford sur le site de l'Energie Atomique de la *General Electric Company*. C'est dans cette usine de plutonium qu'il commence à s'intéresser et à s'initier aux ordinateurs, encore à l'état embryonnaire. A ce moment-là existent surtout des machines analogiques et la *General Electric* commence tout juste à utiliser quelques machines à cartes perforées d'IBM pour le contrôle des réacteurs nucléaires[16]. En 1951, Wesley Clark quitte Hanford et l'énergie atomique pour rejoindre le MIT, où il entre au tout nouveau laboratoire d'informatique dirigé par Jay Forrester, le *Digital Computer Lab*. Il commence à travailler sur la programmation du *Whirlwind* et travaillera également, avec Ken Olson et quelques associés, au *Memory Test Computer* (appelé MTC) : le premier système de mémoire magnétique. Ces chercheurs, qui travaillent sur les nouvelles mémoires magnétiques dans le cadre d'un programme du *Digital Computer* sur le *Whirlwind*, forment une sorte de groupe informel, le « *MTC Group* ». Un nouveau groupe de recherche généré par le *Project Whirlwind*.

Au même moment, un autre professeur de physique travaillant déjà au MIT, Phil Morse, s'intéresse aussi de près au *Whirlwind* et y voit une occasion de développer un « climat général de recherche » en informatique. Il contacte donc l' ONR, sponsor des recherches, pour proposer le lancement d'une recherche interdisciplinaire par une équipe d'assistants, composée d'une douzaine d'étudiants diplômés et doctorants, recherche consacrée aux implications de l'informatique. Fernando Corbato, alors étudiant en physique, est recruté dans cette équipe, avec d'autres doctorants de physique et de mathématiques.

---

[16] L'intérêt de Wesley Clark pour les ordinateurs est suscité par un article de Edmund Berkeley, future figure de *l'Association of Computing Machinery*, sur un simple gadget de relais appelé « *Simple Simon* ». La lecture de cet article va jouer un rôle déterminant dans la carrière de ce chercheur, car c'est à partir de là que Wesley Clark décide, après deux ans passés à Hanford, de se consacrer totalement aux ordinateurs.
D'après CLARK, Wesley. *Interview by Judy E. O'Neill. 3 May 1990. New York, NY.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990

Ainsi, à partir de son transfert au *Digital Computer Lab* en 1951, le *Whirlwind* devient le support de recherches multiples, autonomes (il ne semble pas y avoir de lien direct entre l'équipe de Wes Clark et celle de Phil Morse), venant se greffer sur un projet dont la finalité reste toujours militaire.

Mais les transformations, dont le *Whirlwind* est à la fois l'objet et l'opérateur, sont loin d'être finies ; ce qui était au départ un dispositif de simulateur de vol va encore évoluer et se transformer en profondeur à partir de 1953, sous l'effet d'une série de « traductions » d'envergure : la guerre froide, la création du Lincoln Lab*oratory*, la mise en place du réseau de défense continentale SAGE.

3.2.2.3 Le Whirlwind comme support de la défense anti-aérienne des Etats-Unis

Le suivi du *Whirlwind* commence à se compliquer à partir de 1951-1953, compte-tenu du nombre croissant d'équipes de recherche mobilisées et de la diversité de leurs objectifs.
Nous résumerons ainsi la troisième étape majeure, ou la troisième « traduction » du *Whirlwind* : passé du simulateur de vol à l'ordinateur en temps réel, le *Whirlwind* va devenir, au cours des années 50, d'une part l'un des principaux composants d'un nouveau laboratoire appelé à jouer un rôle considérable, tant dans l'histoire de l'informatique que dans celle de l'armement, le Lincoln Lab*oratory* et, d'autre part, la pièce maîtresse du plus vaste réseau de défense anti-aérienne jamais conçu, le système SAGE.
Sur un autre plan, nous verrons que le *Whirlwind* contient en germe un grand nombre des principes techniques du *time-sharing* et qu'il en constitue également l'une des « matrices » en chercheurs.

Ainsi l'histoire de cet ordinateur en temps réel condense sur elle de nombreux aspects de l'histoire plus générale de l'informatique. Concernant l'émergence d'ARPANET, le *Whirlwind* nous permet de dérouler plusieurs « filières » à la fois qui, même si elles prennent des directions et suivent des trajectoires différentes, font indéniablement partie de l'arrière-plan socio-technique de l'interconnexion des années 60.

Lincoln Lab*oratory*, système SAGE, *time-sharing* : nous allons tâcher de suivre, de plus ou moins près, ces trois filières entremêlées. Elles nous donneront également l'occasion de mieux situer et de mieux comprendre les acteurs et les mécanismes de l'innovation informatique américaine des années 50.

3.2.3 La création d'un nouvel « acteur » : le *Lincoln Laboratory*

Produit direct du climat de mobilisation scientifique et militaire de la guerre froide, le Lincoln Lab*oratory* est non seulement inséparable de l'histoire du *Whirlwind* mais, au-delà, de l'histoire de l'informatique. Pépinière de chercheurs, dont la plupart des futurs acteurs d'ARPANET, support d'innombrables innovations techniques dans la technologie des ordinateurs, fer de lance du « complexe militaro-scientifique » et de l'alliance entre le MIT et l'*US Air Force*, le Lincoln Lab constitue un acteur majeur, incontournable pour qui veut démêler les fils d'ARPANET.

3.2.3.1 Un produit de la guerre froide et du MIT réunis

Comment naît ce laboratoire ? La naissance du Lincoln Lab est le résultat d'une conjonction particulière entre le contexte international du début des années 50, la mobilisation scientifique militaro-civile au MIT et les espoirs placés dans l'ordinateur.
Rappelons brièvement les éléments du contexte extérieur, qui vont grandement influer sur les recherches informatiques du MIT et le devenir de l'ordinateur.

3.2.3.1.1 L'imminence de la catastrophe

Après l'explosion de la première bombe atomique soviétique en août 1949 et le déclenchement de la guerre froide, les Américains vont vivre dans la hantise d'une attaque nucléaire surprise, attendue alors au Nord du pays. Traumatisés par Pearl Harbor et conscients des faiblesses de leur dispositif de défense anti-aérienne, les responsables de l'*US Air Force* mettent sur pied un comité de réflexion, le *Air Defense System Engineering Committe*, chargé d'élaborer des propositions pour un nouveau système de défense. Ce comité fait naturellement appel aux scientifiques du MIT, partenaires privilégiés des responsables du Pentagone.
Aux débuts des années 50, la symbiose armée/recherche est totale et les multiples recherches qui se déroulent au MIT sont « hantées » par le contexte de la guerre froide, dominé alors par la course à la bombe qui tétanise littéralement, non seulement les responsables militaires, mais aussi de nombreux scientifiques.

L'été 1950 voit ainsi au MIT le lancement de différents projets de recherche interdisciplinaire, intégrant des mathématiciens, des physiciens, des ingénieurs, réunis pour un travail intensif pendant les deux ou trois mois d'été. Appelés pour cette raison *Summer Projects***,** ces projets de

recherche, qui se dérouleront pendant plusieurs années au MIT, sont menés pour le compte des différentes armées : *Navy* et *US Air Force* essentiellement.

L'un des premiers projets, lors de l'été 1951, est ainsi conduit pour le compte de la *Navy* : appelé *Project Hartwell*, il porte sur la guerre sous-marine et les transports outre-mer.

3.2.3.1.2 Le *Project Charles* à l'origine du Lincoln Lab

Le climat général au MIT n'est pas seulement dominé par l'imminence d'une catastrophe redoutée : ces *Summer Projects* sont aussi l'occasion d'échanges et de travaux inter-disciplinaires, dans la lignée des réunions hebdomadaires du « cercle de Wiener ».

Le deuxième « *Summer Project* » est lancé à l'été 1952 (selon les souvenirs de Licklider [17]) et durera deux ans (ou deux étés). Baptisé *Project Charles*, il concerne cette fois la défense aérienne et regroupe une vingtaine de physiciens et un psychologue, Licklider lui-même, qui participera avec enthousiasme à ces différents projets inter-disciplinaires.

L'équipe du *Project Charles* (peut-être identique à celle du Comité de l'*US Air Force* [18]) préconise à l'*US Air Force* de créer un laboratoire spécial, chargé de mener la recherche sur les moyens de défense anti-aérienne. Selon la version de Licklider, ce serait donc le *Project Charles* qui aurait été à l'origine directe de la création du Lincoln Lab*oratory*, vers la fin 1951 ou au début 1952.

Explicitement lié à la recherche militaire et à la défense nationale, le Lincoln Lab*oratory* n'en est pas moins un pur produit du MIT, puisque selon Licklider, qui en a été en partie à l'origine, le Lincoln Lab commence à prendre forme au sein d'un laboratoire que nous avons déjà évoqué : le *RLE* (*Research Laboratory for Electronics*), dont il est la section appliquée. Le RLE, au début des années 50, est en pleine expansion et, ayant servi de cadre aux différents *Summer Projects*, le projet d'un nouveau laboratoire spécialisé dans la défense anti-aérienne apparaît comme l'une de ses excroissances naturelles.

Ces explications éclairent peut-être la nature complexe des relations entre l'armée et la recherche ; contrairement à beaucoup d'idées courantes sur l'informatique, les scientifiques ne se contentent pas d'appliquer ou de satisfaire les demandes du Pentagone. L'évocation de la genèse du Lincoln Lab*oratory* nous montre au contraire que l'initiative est souvent du côté des chercheurs, qui obéissent à des motifs où le patriotisme s'entremêle aux intérêts scientifiques.

---

[17] LICKLIDER, J.C.R. *Interview by William Aspray and Arthur Norberg. 28 October 1988. Cambridge, Massachussets*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1988, p. 2

[18] Y-a-t-il un lien entre ce *Project Charles* et le comité de réflexion, le *Air Defense System Engineering Committe*, mis sur pied par l'*US Air Force* ? Probablement, mais nous n'avons pu l'établir.

3.2.3.2 Le Lincoln Lab au coeur du « complexe militaro-scientifique »

Le Lincoln Lab*oratory* n'est pas un laboratoire comme les autres : créé sur proposition du MIT, avec les ressources humaines et techniques, dans les locaux et avec le matériel de l'institut, il n'en devient pas moins immédiatement un laboratoire détaché. En fait, le Lincoln Lab est un établissement public, appartenant au Département de la Défense mais géré par le MIT pour le compte du Pentagone.

A l'origine, il est financé par une combinaison de crédits militaires, provenant essentiellement de *l'US Air Force*, principal partenaire et instigateur du projet, et de budgets décidés au niveau de chaque division du Lincoln Lab (*i.e.* de crédits du MIT et d'autres organismes ou entreprises). Par la suite, le Lincoln Lab sera financé à 51 % par l'ARPA.

Statut et financement particuliers donc, pour un laboratoire de recherche taillé sur mesure, symbolisant au plus haut degré l'imbrication totale du militaire et de la recherche civile, travaillant à égalité pour des missions communes mais avec ses propres objectifs.

Le Lincoln Lab va s'avérer un formidable tremplin d'inventions informatiques de toutes sortes, réalisées au nom de la défense anti-aérienne, mais aussi pour satisfaire l'irrépressible besoin d'innovation de chercheurs travaillant sur le domaine encore neuf des ordinateurs.

3.2.3.2.1 Une mission stratégique de défense : le Lincoln Lab comme cadre de recherche du système SAGE

Quelles sont les missions officielles de ce laboratoire, placé sous la direction du physicien Albert Hill ? Le Lincoln Lab*oratory* est créé avec une mission très précise : développer les recherches militaires pour la défense anti-aérienne.

Plus concrètement, le programme de recherche qui lui est assigné vise à opérer la connexion technique entre ordinateurs, radars et communications terrestres, en vue d'aider à la défense des Etats-Unis contre ce qui est alors perçu comme le plus grand danger : l'attaque aérienne russe provenant en premier lieu du pôle Nord.

Dès sa création en 1951, le Lincoln Lab travaille donc à la mise au point d'un réseau de première alerte aérienne ; c'est la notion de « première alerte avancée » : DEW (*Distant Early Warning*). La ligne DEW, reliant Hawaii à l'Alaska, doit être composée d'un chapelet de radars, reliés à un puissant ordinateur central. Et c'est pour réaliser ce projet que le Lincoln Lab va s'appuyer sur l'ordinateur alors en construction au MIT, le *Whirlwind*. Le projet deviendra rapidement le projet

SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*), premier réseau de défense anti-aérienne, véritable « bouclier » électronique des Etats-Unis[19].

La description de ce premier « réseau » automatisé de terminaux et d'ordinateurs nous éloignerait de notre propos. Nous tenons seulement ici à pointer les multiples liens entre ce premier modèle de « bouclier électronique » et l'émergence ultérieure d'ARPANET.

3.2.3.2.2 Quelles forces utilisées et (ré-) organisées ?

La création du Lincoln Lab*oratory* est l'occasion d'une redistribution des ressources et des forces, qui gravitent alors au MIT autour de l'informatique et des télécommunications.

Ainsi dès sa naissance, le Lincoln Lab se constitue autour de deux laboratoires du MIT :

- le *Digital Computer Lab* de Jay Forrester, pour la partie informatique ;
- le *Research Laboratory for Electronics* pour la composante sur les radars et la communication.

Selon Wesley Clark[20], le Lincoln Lab, dès son déménagement à Lexington en 1952-53[21], entraîne avec lui le laboratoire de Forrester, le *Digital Computer Lab*, qui travaille sur le *Whirlwind*. Ce jeune laboratoire devient ainsi l'une des composantes majeures du Lincoln Lab, chargé tout spécialement du Project SAGE et de la liaison entre ordinateurs et radars.

Mais l'ampleur du projet et la spécialisation des recherches impliquent une réorganisation, une complexification de l'organigramme et une redéfinition des objectifs de recherche.

A cette époque, le Lincoln Lab est organisé en plusieurs divisions (environ six ou sept selon Clark), pouvant comprendre chacune plusieurs groupes de recherche. Ainsi, les Communications constituaient la deuxième division et la Division informatique (dirigée au début par Fred Frick) la sixième. Cette division Informatique comprend alors plusieurs sous-divisions de recherche, notamment :

- une division de recherche en acoustique, qui travaille sur la parole et les problèmes de reconnaissance vocale ;
- et une division de recherche sur les mémoires à couche mince et d'autres composants de l'ordinateur de ce type. C'est dans ce dernier groupe que vont se retrouver la plupart des

---

[19] Sur l'organisation, les objectifs et les enjeux du système SAGE, voir notamment : BRETON, Philippe. *Une Histoire de l'informatique, op. cit.,* p. 126-132

[20] CLARK, Wesley. *Interview by Judy E. O'Neill. 3 May 1990. New York, NY., art.cit.*, p. 3

[21] Le Lincoln Lab*oratory* est d'abord installé dans un vieux bâtiment proche du MIT (Building 22), avant la construction d'un nouveau laboratoire à Lexington, à une quinzaine de kilomètres de Cambridge, dans lequel il déménage en 1952.

chercheurs qui travaillaient jusqu'alors sur les innovations à apporter sur le *Whirlwind*, dont Wesley Clark.

Ici s'opère donc l'une des jonctions avec la « filière *Whirlwind* », que nous avons présentée plus haut, signe d'une nouvelle traduction du projet initial qui va se diversifier une fois encore.

En effet, vers 1952-1953, si toute l'équipe de Forrester rejoint le Lincoln Lab, tous les chercheurs ne vont pas continuer à travailler directement sur le réseau de défense anti-aérienne, *i.e.* le système SAGE. Une réorganisation a lieu et les chercheurs de l'ancien « MTC Group » (*Memory Test Computer)*, qui travaillaient sur le domaine des nouvelles mémoires d'ordinateur, s'organisent en un groupe plus important et mieux organisé, *l' Advanced Computer Development Group***.** Ce groupe de recherche sera notamment responsable des travaux sur les ordinateurs TX-0, TX-2 et sur les mémoires à tores de ferrite.

Dirigé au départ par Dave Brown, puis par William Pakin, *l'Advanced Computer Development Group* est constitué du « noyau dur » des anciens membres du *MTC Group* : Wesley Clark, Dave Brown, William Pakin, Ken Olson, John Goodenough[22].

Selon le témoignage de Clark, ce groupe sera le seul du Lincoln Lab à ne pas travailler directement sur le projet SAGE et il va utiliser cette relative autonomie pour mener des recherches avancées, qui apporteront un lot d'innovations au *Whirlwind* et, au-delà, à toute l'informatique.

3.2.4 Le *Whirlwind* : quel bilan ?

Le *Whirlwind*, en tant que projet spécifique d'ordinateur, se terminera en 1957 avec la fin des financements de l' ONR et de l' *US Air Force* : les bailleurs de fonds jugent alors que le projet est devenu trop cher et la maintenance trop difficile. Le *Project Whirlwind* est donc abandonné.

En retraçant à grands traits les évolutions du *Whirlwind*, nous avons tenté de suivre les modifications du projet lui-même, que nous récapitulons ici :

Projet *ASCA* de simulateur de vol analogique → projet *Whirlwind* de simulateur de vol numérique → projet *Whirlwind* d'ordinateur en temps réel → *Whirlwind* comme support de la ligne de défense aérienne DEW → *Whirlwind* comme prototype des ordinateurs AN/FSQ 7 du système SAGE[23].

---

[22] Cette équipe initiale sera renforcée assez vite par des chercheurs d'un autre groupe, impliqués dans les recherches sur les transistors et la théorie des circuits : au total, les effectifs de ce groupe de recherche s'élèveront à quarante ou cinquante personnes.

[23] Les ordinateurs construits en série pour le système *SAGE* s'appellent AN/FSQ 7 et 8. Nous les retrouverons plus tard.

Mais les processus d'innovation ne transforment pas seulement leur objet : ils transforment les acteurs qui les portent et au-delà, créent une nouvelle réalité, un nouveau monde. Les processus de traduction ne signifient rien d'autre que cette co-émergence d'une nouvelle réalité, sociale et technique.
Aussi faut-il nous pencher sur ce « nouveau monde » dont le *Whirlwind* a été porteur.

Il est impossible de résumer en quelques lignes un bilan aussi impressionnant que celui de cet ordinateur, tant dans l'histoire de l'informatique que dans celle de « l'histoire » tout court.
Il aurait fallu, pour être complet dans notre évocation et notre reconstitution de « l'acteur-réseau *Whirlwind* », dérouler les fils reliant cet ordinateur à la stratégie militaire américaine, aux radars de la ligne DEW, à la tension internationale de la guerre froide, montrer la place du Lincoln Lab*oratory* dans le réseau SAGE, les circuits compliqués qui connectent tous les points de ce vaste complexe, à la fois militaro-civil et socio-technique. Mais cet aspect du « nouveau monde » qui émerge autour du *Whirlwind* déborde à l'évidence notre sujet.

En revanche, en nous limitant au territoire, déjà étendu, du seul *Massachussetts Institute of Technology*, nous avons cherché à montrer en quoi et comment ce projet d'ordinateur en temps réel, par le jeu de ses traductions successives, aura transformé en profondeur à la fois la situation du MIT et celle de l'informatique.

3.2.4.1 Le MIT comme « acteur-réseau » dominant de l'informatique des années 50

Concernant le MIT[24], le « bilan » du *Whirlwind* peut se résumer ainsi : il y a bel et bien un avant et un après *Whirlwind*. Cet ordinateur inaugure la véritable entrée du MIT dans la recherche informatique et va faire, en quelques années, du célèbre institut l'un des acteurs les plus importants de l'informatique américaine. Fernando Corbato, l'un des pionniers de cette époque, résume bien cela en rappelant que l'informatique n'avait pas connu de développement significatif au MIT avant le *Whirlwind* : « *Auparavant, il n'y avait que des choses fragmentaires* », dit-il en citant les travaux des machines analogiques de Bush dans les années 30

[24] Du moins l'informatique au MIT, car il serait aberrant de réduire le MIT aux seules disciplines de l'informatique, l'électronique, etc.. Rappelons que le MIT englobe bien d'autres départements d'Economie, de Biologie, de Physique... Lorsque nous parlons du MIT, il ne s'agit, dans ce contexte, que des éléments de l'institut impliqués dans l'informatique et non de l'ensemble de l'institut.

et quelques travaux menés par Frank Reintjes et d'autres pendant la guerre pour perfectionner ces machines analogiques[25].

Nous avons vu que le projet du *Whirlwind* a été, sinon à l'origine, du moins en relation avec la création de deux importants laboratoires : le DCL de Jay Forrester et surtout le Lincoln Lab*oratory*, dont il est une pièce maîtresse. Il faut également y ajouter le *Computation Center*, créé cette fois non point à partir du *Whirlwind*, mais plutôt « en réaction » à ce projet, alors sur le déclin (voir plus loin).

Au milieu des années 50, le MIT s'est donc transformé en acteur majeur, sinon prédominant de la recherche informatique américaine, non pas « à cause » du *Whirlwind* mais en bonne partie autour de lui et d'un certain nombre d'autres éléments.

Certes, d'autres universités ou lieux de recherche (Princeton, Harvard, les Bells Labs), des entreprises (IBM, Remington Rand, RCA), commencent aussi à former l'ossature d'un secteur appelé à un brillant avenir. Mais dans cet ensemble encore restreint qu'est l'informatique américaine au milieu des années 50, le MIT occupe la première place : par la concentration des moyens dont il dispose (cf les généreux financements des agences de recherche), par le nombre d'innovations qui sortent de ses laboratoires (cf celles du *Whirlwind*), par la qualité et le nombre des chercheurs qui passent par l'institut de Cambridge, par la position centrale qu'il occupe, à l'intersection du pôle militaire (*US Air Force*, ONR) et du pôle des entreprises (contrats avec IBM).

La montée en force du MIT ne s'explique pas bien entendu par un seul ordinateur ; il n'en demeure pas moins que le *Whirlwind*, comme le *time-sharing* quelques années plus tard, est à la fois le symbole et l'opérateur de cette position stratégique de l'institut.

3.2.4.2 Le Whirlwind et le Lincoln Lab : tremplins de l'innovation technique

Le *Whirlwind* est célèbre dans l'histoire de l'informatique à double titre :

- en tant que support technique du vaste réseau de surveillance anti-aérienne, permettant à l'*US Air Force* de prendre une avance considérable dans les systèmes de défense automatisés ;
- mais aussi en tant que support d'un grand nombre d'innovations en informatique.

Après avoir retracé les multiples traductions sociales, organisationnelles et stratégiques, qui ont jalonné les premières années de cet ordinateur, il est temps d'en résumer les principales « traductions » techniques, qui ont ouvert la voie à une autre informatique.

---

[25] CORBATO, Fernando J. *Interview by Arthur L. Norberg. 18 April 1989, 14 November 1990. Cambridge, MA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990. p. 2

Comme pour l'implication du MIT dans la recherche informatique, il est possible d'avancer l'idée qu'il existe un « avant » et un « après » *Whirlwind* pour l'informatique en général.

Nous nous contenterons ici de citer les innovations issues de cet ordinateur. Ainsi, pour René Moreau[26], le *Whirlwind* est à l'origine des inventions suivantes :

- la première mémoire à tores de ferrite : réalisée en 1951 par le *MTC Group* de Wesley Clark et Ken Olson et implantée sur le *Whirlwind* le 8 août 1953 [27] ;
- le premier affichage de résultats sur un terminal graphique, avec les écrans radars du système SAGE[28];
- la première interaction entre l'opérateur et l'ordinateur à l'aide d'un crayon électronique (*light pen*)
- le premier langage de programmation plus « facile » à utiliser que le langage machine, avec les travaux de Laning et Zierler en 1954, qui préparent la voie au FORTRAN, premier véritable langage évolué ;
- les premiers programmes utilitaires permettant l'assemblage et la mise au point de programmes de traitement ;
- le premier ordinateur opérant à partir de données numériques provenant d'une ligne téléphonique [29];
- la première utilisation interactive d'une machine opérant à partir d'un terminal éloigné ;
- la première utilisation d'un ordinateur pour la documentation automatique ;
- la première utilisation d'un ordinateur pour le contrôle des machines-outils.

Les innovations techniques, induites par le *Whirlwind*, ne doivent pas être limitées à celles qui ont été directement réalisées sur cet ordinateur. Comme tout objet technique innovant, le *Whirlwind* est aussi à l'origine indirecte d'une série d'inventions. En tant « qu'acteur » ayant capitalisé et redistribué autour de lui de nombreuses ressources et entités, il est en amont de

---

[26] R. MOREAU, *Ainsi naquit l'informatique. Les hommes, les matériels à l'origine des concepts de l'informatique d'aujourd'hui*, Bordas, 1984, p. 59

[27] Le temps d'accès passe alors de 25 microsecondes (avec la mémoire à tubes) à 9 microsecondes. Les mémoires à tores de ferrite vont se généraliser très vite sur les différents modèles d'ordinateurs à partir de 1952-53.

[28] Ces écrans de visualisation seront ensuite développés par d'autres firmes, comme IBM, qui met au point le premier véritable écran d'ordinateur en 1954, sur le NORC.

[29] Sur ce point, le *Whirlwind* prolonge l'expérience séminale de Stibitz en 1940, lorsque le mathématicien des Bell Labs fit communiquer pour la première fois sa machine (un calculateur situé à Hanover) avec un télétype situé à New York

plusieurs « lignées » de machines et d'innovations. Au moins deux de ces lignées doivent être signalées :

- une lignée directe : les ordinateurs TX-0 et TX-2, construits par l'équipe de Wes Clark au Lincoln Lab *;*
- une lignée plus indirecte, que nous aurons l'occasion d'explorer plus en profondeur : celle du *time-sharing*.

3.2.4.2.1 La série TX-0, TX-2

Nous évoquerons rapidement cette lignée technique issue en droite ligne du *Whirlwind*, ou plutôt du groupe de recherche spécialisé dans les composants des ordinateurs, le *MTC Group*. Nous avons vu que ce groupe de chercheurs, au départ assez informel, est devenu au Lincoln Lab un groupe de recherche organisé et important d'une cinquantaine de personnes : *l'Advanced Computer Development Group*, dont fait partie Wes Clark.

Dès leur arrivée au Lincoln Lab, Wesley Clark et quelques uns de ces chercheurs, dont Ken Olsen, commencent à travailler sur les diverses améliorations possibles dans l'architecture des ordinateurs. Wesley Clark et Ken Olsen vont ainsi abandonner leurs travaux sur le *Whirlwind* et proposer « *la construction d'une nouvelle machine, très ambitieuse, conçue selon une nouvelle architecture logique* »[30]: les plans de cette nouvelle machine sont élaborés par Clark et utilisent les nouvelles idées de circuits de Ken Olsen sur les tubes à vide.

Mais ce projet, trop en avance sur la technologie (les transistors viennent juste d'apparaître) est refusé par la direction et les deux chercheurs décident alors de se « rabattre » sur une petite machine, « *la plus petite machine que nous puissions concevoir* », selon l'expression de Clark. Ils conçoivent ainsi le TX-0, ordinateur à la structure logique assez simple, classique. Le TX-0, bien qu'occupant une pièce entière, reste un ordinateur de petite taille au plan des performances de calcul, mais il est envisagé par Wes Clark comme le début d'un programme continu de recherche. Le TX-0 doit être ainsi la première étape menant au modèle de machine très puissante et d'architecture nouvelle, que Wes Clark et Olson ont en tête.

Leur plan est cette fois accepté et la construction du TX-0 peut commencer. De conception assez simple, le TX-0 sera construit en quelques mois en 1953-54. Et une fois le TX-0 achevé, l'équipe de *l'Advanced Computer Development Group* commence alors la construction du TX-2 (il n'y aura pas de TX-1).

---

[30] W. CLARK, *Interview by Judy E. O'Neill. 3 May 1990. New York, NY., art.cit.*, p. 3

Le TX-2 est, par contre, une grosse machine très complexe. A son époque vers 1955, le TX-2 sera même le plus gros ordinateur au monde (au plan de sa structure logique). Sa construction prendra plusieurs années et, selon son concepteur, ne sera jamais vraiment achevée. En fait, le TX-2 restera une machine expérimentale, sur laquelle de nombreux dispositifs nouveaux sont expérimentés et non une machine destinée à un usage précis. Ainsi en 1954, Wes Clark met au point les premiers systèmes de « gestion des interruptions », développés ensuite à grande échelle par IBM. La gestion des interruptions, dans l'exécution des programmes, sera une condition technique essentielle des systèmes de *time-sharing*.

3.2.4.3 Le système SAGE : matrice de l'informatique des années 60

La plupart des innovations du *Whirlwind* ont été réalisées au cours de la mise en place du système SAGE au milieu des années 50.

Une longue citation d'un acteur de l'époque nous aidera à conclure ce « bilan » du *Whirlwind* et de SAGE au regard de l'informatique.

Dans son interview au Charles Babbage Institute, Charles Zraket, responsable au Pentagone dans le management de la recherche et directeur de la MITRE (organisme de recherche militaire que nous aurons l'occasion de présenter plus loin), revient longuement sur l'apport général du *Whirlwind* et du système SAGE à l'informatique.

Il en dresse d'abord le bilan « technique », qu'il juge considérable puisque, selon lui, la quasi-totalité des techniques informatiques en vigueur dans les années 60 proviennent du système SAGE :

> *« First, I think it is important to understand that the contribution of the SAGE effort to what happened later was very profound. Although it has been documented fairly well in the Annals and so forth, the fact of the matter is* ***that almost all of the techniques that were exploited in the 1960s and the early 1970s derived from*** *SAGE.* ***And this was a very broad spectrum of techniques****. »* [31] *(c'est nous qui soulignons).*

Mais l'apport du système SAGE n'est pas seulement technique. Et ce haut responsable du Pentagone insiste sur le rôle crucial des acteurs humains, des chercheurs, par lesquels s'est faite la transition entre l'informatique des années 50 et celle des années 60. Zraket donne ainsi

---

[31] C. ZRAKET, *Interview by Arthur L. Norberg. 3 May 1990. Bedford, MA*, Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990., p. 1

Le time-sharing, les écrans graphiques, une bonne partie des techniques de programmation, notamment les compilateurs et les langages d'assemblage, Zraket récapitule quelques unes des principales innovations nées dans le cadre du système SAGE : « *The whole business of time-sharing really came out of SAGE. SAGE was essentially a time-sharing system. It was a system that essentially time-shared a whole set of functions with many end users in terms of workstations that existed. The displays that were developed in SAGE and later basically served the base of all real-time systems. Most of the software programming techniques that were developed in SAGE, the whole business of compilers and assembly programming and all of these techniques came out of SAGE. » Ibid*.

quelques exemples de noms de chercheurs, dont nous nous efforcerons de reconstituer la trajectoire. Il inclue également, dans ce bilan « socio-technique » du système SAGE, les fondements de la plupart des départements d'informatique qui seront créés dans de nombreuses universités dans les années 60 par les « SAGE people ». Enfin, il confirme le rôle-clé du MIT comme pépinière de tous ces chercheurs de l'informatique qui, après leur passage dans le système SAGE, essaimeront aux quatre coins des universités du pays.

> *« **And most of the transition occurred through people, that is, people who worked on** SAGE. Many of them ended up on Project MAC, for example. The people who started Project MAC at DARPA, Licklider was very familiar with the SAGE experience and had studied it. **There was a tremendous technology transfer**, if you will, at that time through that. **Many of the computer science departments at a number of the universities were started by** SAGE **people**. Alan Perlis who went to Carnegie-Mellon, and I forgot the other fellow's name who left us to go to North Carolina, and so forth. A lot of the people fanned out into IBM, later into DEC through Ken Olson and Harlan Anderson, and **many of the university computer science departments were all started by MIT digital computer people**. »* [32] *(souligné par nous).*

Dans ce survol de l'impact du système SAGE sur l'informatique, Charles Zraket parle beaucoup du *time-sharing* comme l'un des exemples de ce « formidable transfert de technologie », dont SAGE a été le vecteur. Il n'hésite pas d'ailleurs à qualifier SAGE de « système de *time-sharing* », affirmation souvent reprise par certains mais également contestée par d'autres. C'est que la définition du *time-sharing* n'est pas simple et que la notion elle-même, si elle semble avoir fait l'unanimité depuis, est loin d'aller de soi dans cette seconde moitié des années 50.

Avant d'en décrire l'émergence et d'établir les multiples relations entre ce type particulier d'ordinateurs et le réseau ARPANET, nous retracerons la nouvelle opération de traduction qui assure le lien entre le *Whirlwind* et le *time-sharing* : la naissance du *Computation Center*.

3.2.5 Le Computation Center : genèse d'un laboratoire

Dans les multiples processus « d'intéressement » induits par le *Whirlwind* au début des années 50, nous avions signalé qu'un professeur de physique, Phil Morse, avait réussi à « greffer » un projet de recherche très différent des objectifs officiels du *Whirlwind*. Il s'agissait, grâce à un contrat de l'ONR, d'utiliser les ressources informatiques colossales du *Whirlwind* pour d'autres applications multi-disciplinaires liées à l'informatique. Ainsi, de 1951 à 1956, la jeune équipe de doctorants et d'étudiants, regroupée autour de Phil Morse, peut explorer et utiliser le *Whirlwind* mais dans des conditions très limitées : une demi-heure à une heure par jour et deux heures par nuit.

---

[32] C. ZRAKET, *Interview by Arthur L. Norberg. 3 May 1990. Bedford, MA. Ibid.*

En dépit des difficultés d'accès, le *Whirlwind* sera donc, pendant quatre ou cinq ans, un ordinateur utilisé à la fois comme objet de recherche et comme outil de travail. Le jeune doctorant Fernando Corbato, qui poursuit sa thèse en physique moléculaire sous la direction de John Slater, utilise par exemple pour cela le *Whirlwind* et se montre d'ailleurs plus intéressé par l'informatique que par la physique. Exemple de « détournement » de recherche par l'informatique, que nous avons déjà pointé.

Mais le lien entre l'équipe de Phil Morse et le *Whirlwind* va se rompre, compte tenu des problèmes de fonctionnement et d'accessibilité de la machine. En effet, malgré ses performances techniques et ses innovations multiples, le *Whirlwind* reste très difficile à utiliser et se révèle d'une faible fiabilité, car la machine « plante » en moyenne toutes les 20 minutes[33].

Ces difficultés d'utilisation vont conduire Phil Morse à se tourner vers un autre acteur et d'autres machines : IBM, qui avait commencé à produire ses premiers ordinateurs commerciaux, d'abord le 701 présenté en avril 1953, puis le 702 en septembre de la même année.

Quelle est alors la position d'IBM ? Au milieu des années 50, IBM est déjà devenue l'une des premières entreprises informatiques, forte de quelques succès commerciaux comme l'IBM 650, sorti en 1953 et qui se vendra à plus de 1500 exemplaires dans le monde[34].

La firme est par ailleurs partie prenante du système SAGE, puisque c'est elle qui est chargée par le Pentagone en 1952-53 de développer en série les ordinateurs nécessaires au réseau, dont le *Whirlwind* est le prototype. Mais l'implantation d'IBM dans les universités reste encore à consolider, voire à entreprendre. Aussi, vers 1955, IBM développe une « stratégie d'intéressement » des universités, en proposant à quelques unes de les aider à implanter des centres informatiques, pour pouvoir utiliser ses ordinateurs et, en retour, aider la firme à développer les recherches.

« Dispositif d'intéressement » au sens premier du terme et stratégie commerciale efficace, fondée sur une reconnaissance des intérêts mutuels bien compris : « nous offrons le matériel, vous offrez vos recherches ».

---

[33] Il est intéressant d'observer ici la différence d'appréciation de deux acteurs de l'époque, engagés alors dans des situations tout à fait différentes : tandis que Wes Clark (et derrière lui toute l'équipe de Forrester) travaille « sur » le *Whirlwind* pour améliorer son fonctionnement, Corbato et l'équipe de Phil Morse utilisent le *Whirlwind* pour d'autres applications. Leurs attentes sont forcément divergentes, leur perception de la machine également, même quarante-cinq ans plus tard, puisque Corbato semble insister sur les pannes, les lacunes, les dysfonctionnements d'une machine qui « n'était pas encore une industrie », là où Wes Clark ne les mentionne même pas.

[34] Chiffre considérable pour une époque où les ordinateurs ne se vendaient généralement qu'à quelques exemplaires. Ainsi *l'UNIVAC 1* est vendu à 15 exemplaires, *l'IBM 701* à 19 et *l'IBM 702* à 15 exemplaires... !

Phil Morse, qui pressent la fin prochaine du projet du *Whirlwind* (le financement s'arrêtera effectivement en 1957), voit tout le parti à tirer de cette stratégie d'IBM. Il réoriente son activité et saisit l'occasion fournie par IBM, en lui demandant que le MIT soit l'un de ces centres informatiques. Pour renforcer sa demande et impliquer d'autres partenaires, il propose que le MIT devienne un centre régional, ouvert aux autres universités de la Nouvelle Angleterre. IBM accepte et s'engage à fournir gratuitement un IBM 704, le nouveau modèle de la firme sorti en décembre 1955. Il s'agit alors du premier ordinateur puissant fonctionnant avec une mémoire à tore de ferrite.

Pour compléter son opération d'intéressement et d'enrôlement des autres universités, Phil Morse, qui est un habile gestionnaire de la recherche, met sur pied un Consortium des Universités de Nouvelle Angleterre (*Consortium of the New England Colleges*), réunissant la plupart des principaux acteurs universitaires de la région. Et en 1956, un accord est conclu entre le MIT, IBM et ce Consortium, prévoyant une utilisation partagée de l'ordinateur, sous forme de « trois-huit » : huit heures pour le MIT, huit heures pour les autres universités, huit heures pour l'équipe d'IBM. Sorte de « partage du temps » avant la lettre !

D'autre part, Phil Morse, dont les projets de recherche paraissent n'avoir aucun caractère militaire, se tourne vers l'une des principales agences civiles de financement de la recherche, la NSF (*National Science Foundation*). Il sollicite donc un financement de la NSF pour l'aider à mener son programme et profite du départ progressif des assistants de l'équipe de l'ONR (l'ancienne équipe du *Whirlwind*) pour les remplacer par des assistants d'IBM. Il obtient même d'IBM l'extension du bâtiment et la construction d'un nouvel espace pour accueillir un nouveau laboratoire.

Car pour administrer et utiliser efficacement ces nouvelles ressources informatiques et mener son programme de recherche[35], Phil Morse obtient du MIT la création d'un nouveau laboratoire, le *Computation Center*, placé sous sa direction.

Frank Verzuh en est le Directeur associé et Phil Morse propose à Corbato, alors en fin de thèse, de venir travailler avec lui et de devenir chercheur associé. Corbato accepte et travaillera ainsi au *Computation Center* dès sa création, sur un poste de « post-doc » (post doctorat). Il a pour tâche d'aider à la répartition et à l'administration des contrats des assistants de recherche. Car Phil Morse, en manager avisé et efficace, a prévu le recrutement de plusieurs assistants pour son laboratoire, à partir duquel il entend développer une équipe de recherche.

---

[35] Ce programme n'est d'ailleurs pas très explicité dans le témoignage de Corbato, qui nous a servi de source pour cette partie. Mais l'obtention de moyens matériels (ordinateur, laboratoire, crédits) et humains n'est pas seulement la condition de l'innovation technique : elle en est parfois le préalable. Les projets suivent les moyens...

En 1957 apparaît donc un nouveau laboratoire d'informatique au MIT, qui va vite devenir le support des recherches sur le *time-sharing*, comme nous le verrons.

Sans être une « émanation » du Lincoln Lab*oratory* ou du *Whirlwind*, nous voyons cependant que ce nouveau laboratoire, entièrement civil, est une sorte d'excroissance, de surgeon du réseau d'acteurs et d'actants mobilisés autour du *Whirlwind*. Les modalités de création du *Computation Center* illustrent par ailleurs le jeu complexe des interactions et des traductions de toutes sortes, qui lient des acteurs de l'innovation, obéissant à des stratégies, des intérêts différents mais parfois convergents.

3.2.6 Schémas sur « Les filières du Whirlwind »

Légende des schémas

I/ Les ENTITES (acteurs et actants, intermédiaires...) : cinq types d'entités

1- Les Acteurs organisationnels, les « acteurs-réseaux » (par ex. un thème de recherche) : en **Majuscule** ou **Minuscule Gras**. Ex. : **ARPA**, **TIME-SHARING, Lincoln Laboratory**...

2- Les Acteurs humains : en **Minuscule Gras**. Ex. : **Licklider**, **Roberts**...

3- Les Artefacts et les projets techniques : en ***Minuscule ou Majuscule Gras Italique.*** Ex. : ***IMP***, ***CTSS, Project MAC, Whirlwind***...

4- Les Textes : en *Minuscule Normal Italique* et entre « ». Ex. : *« Conceptual Framework »*

5- Les Evénements : en **Minuscule Gras** et Normal. Ex. : **Avril 1967** Réunion des ARPA's Contractors

II/ Les POLES : trois pôles

- le pôle S (Scientifique) : universités, laboratoires de recherche, agences civiles de financement de la recherche, associations scientifiques...

- le pôle A (Armée) : agences militaires de financement, organismes et armes du Pentagone (Navy, US Air Force, Army), par extension instances du pouvoir politique.

- le pôle E (Entreprises) : toutes les entreprises privées ou para-publiques, spécialisées dans l'informatique, les télécommunications...

III / Les RELATIONS et OPERATIONS DE TRADUCTION entre ENTITES

1- Les relations de toutes natures (appartenance, « intéressement », association...) entre deux entités ou entre deux pôles : ⟶

2- Les flux financiers (financements des projets par une agence) : ----------▸

3- Les opérations indiquant une « mobilisation », une forte convergence d'acteurs/actants, autour d'un projet ou d'un acteur-réseau : ⟶

4- Les transformations de projets ou d'acteurs, résultats de diverses micro-opérations de traduction : ⟹

Schéma 1.1 : La filière du *Whirlwind* : 1944-1952

Schéma 1.2 : La filière *Whirlwind* - Time-sharing : 1952-1957

3.3 Le time-sharing comme support d'un nouveau modèle d'ordinateur

Le *time-sharing* est généralement présenté dans les ouvrages d'informatique ou d'histoire de l'informatique. Il reste appréhendé dans ce contexte sous un angle purement informatique, technique et les dimensions sociales, utopiques, discursives sont généralement absentes. A l'inverse, dans les rares travaux existant sur l'histoire d'ARPANET, le *time-sharing* est mentionné comme source d'inspiration, de théorisation ou d'utopies, comme un modèle définissant une nouvelle figure possible de l'usager de l'ordinateur. Mais les dimensions techniques passent alors au second plan. Eternelle dichotomie de l'histoire des innovations, qui oppose les deux dimensions, technique et sociale.

Par ailleurs, dans ces deux types d'histoires, n'apparaissent pas le jeu des acteurs, les relations, les alliances, les controverses, les forces mobilisées. Autrement dit l'incertitude du processus de traduction du *time-sharing* est la grande absente : les faits et les innovations semblent s'enchaîner par miracle, mûs par la logique interne des techniques (dans les histoires centrées sur l'informatique), ou bien ce nouveau modèle de l'ordinateur paraît sortir tout armé du cerveau fertile de quelques visionnaires de génie (dans les histoires purement « sociales »).

Plus encore que pour la description du *Whirlwind* et de ses multiples traductions, il nous faudra donc entrer ici dans le « microcosme » de la recherche informatique de la fin des années 50, pour essayer de restituer cette incertitude de l'innovation, que la sociologie de la traduction a si bien montrée. Nous tâcherons donc, à partir du « problème » à l'origine du *time-sharing*, de suivre les diverses opérations de traduction engagées par les acteurs concernés. En essayant de reconstituer rétrospectivement les différentes forces engagées (acteurs humains, organisations, artefacts) autour de cette thématique des ordinateurs à temps partagé et les nombreuses controverses qu'elle a suscitées, il doit être possible de mieux rendre compte du caractère à la fois incertain, collectif et hétérogène des processus d'innovation.

3.3.1 Quel est le problème ? Quelle serait la solution ?

Entremêlant dimensions techniques, discours et réflexions théoriques, utopies socio-cognitives, réseaux d'acteurs et d'organisations, le *time-sharing* apparaît comme un ensemble complexe, offrant différents points d'entrée.

Le point d'entrée technique est bien sûr l'un des tout premiers et l'on ne pourra faire l'économie d'un minimum d'explications sur ce nouveau type de système d'exploitation. Le *time-sharing* désigne au sens strict les ordinateurs, ou les nouveaux systèmes informatiques à accès multiple ou à « temps partagé », qui vont se développer au début des années 60.

Une innovation technique ne naît jamais *ex nihilo* : elle surgit d'abord à partir d'un « système technologique », selon la notion de Thomas Hughes, qui va la pré-déterminer. Elle correspond surtout à un problème posé (technique, social, économique), elle est une réponse aux limites du système et elle exprime un point de blocage, un « saillant réverse » sur la ligne de front de la recherche. Quel est le problème technique que cherche à résoudre le *time-sharing* ? Et comment se présente ce « saillant réverse » de la recherche informatique au milieu des années 50 ?

3.3.1.1 La domination du traitement par lots

La ligne de front de la recherche informatique est pendant plusieurs années orientée vers le problème des mémoires de l'ordinateur, la grande affaire des débuts de l'informatique : mémoires des tubes à vide, mémoires à tambour magnétique, à « lignes à retard », à tores de ferrite enfin. Ce sont ces dernières, mises au point par l'équipe de Forrester, qui vont s'imposer et permettre aux ordinateurs de disposer de mémoires rapides et fiables.

Mais le trait marquant de cette période-charnière est bien sûr le transistor (*transconductance resistor*) : inventé en 1947 dans les *Bell Labs* et utilisé d'abord partiellement dans les années 50 (le premier ordinateur entièrement transistorisé est construit vers 1957), le transistor va révolutionner les composants électroniques et annoncer la « deuxième génération » d'ordinateurs[1].

Bien d'autres « fronts de recherche » existent dans l'informatique naissante, puisque tout reste à construire : les unités d'entrée d'information (les cartes et bandes perforées), les unités de sortie (imprimantes, premiers écrans), les premiers langages de programmation...

Un domaine essentiel de la technologie des ordinateurs va devenir un front de recherche particulièrement actif : celui des systèmes d'exploitation[2].

---

[1] Cette généralisation des transistors, qui vont remplacer les tubes à vide des premiers ordinateurs, constitue le fait technique majeur de la période par ses nombreuses conséquences : augmentation de la puissance de traitement des ordinateurs (vitesse et débit), miniaturisation des unités centrales et diminution importante de l'énergie consommée par les machines et surtout diminution spectaculaire des coûts informatiques, avec le remplacement du transistor à germanium (dont le coût était plus élevé que celui de l'or !) par le transistor à silicium, en 1954.

[2] Nous empruntons à Michel Politis la définition suivante : un système d'exploitation est un « *logiciel indépendant des applications, mais indispensable à leur mise en oeuvre. Particulier à une série d'ordinateurs et généralement fourni par le constructeur, il comprend notamment :*

Schématiquement, comment se présente dans les années 50 ce domaine des systèmes d'exploitation des ordinateurs ? Tous les ordinateurs fonctionnent alors sur le mode du « traitement par lots », appelé *batch processing* :

> *« Traitement de données ou réalisation de travaux dont les données et les descriptions ont été regroupées au préalable, et qui sont effectuées dans des conditions telles que l'utilisateur ne puisse plus agir sur les traitements en cours (AFNOR). On dit aussi traitement différé ou en temps différé (par opposition à temps réel) »*[3].

Les programmes ou les travaux à exécuter sont placés les uns derrière les autres, constituant des *lots* qui sont traités par l'unité centrale de manière séquentielle. Un lot (*i.e.* un travail à réaliser avec ses données) ne peut être traité avant que le lot précédent ne soit terminé. Dans le traitement par lots, *« le programme correspondant exécute un ensemble de traitements cohérents en une seule fois pour un ensemble de données de départ. (...) On peut considérer que le traitement par lots est synonyme de traitement en différé. Pour alléger la charge des centres d'exploitation dans la journée, il est souvent réalisé la nuit. »*[4]. Ce système de traitement par lots fonctionne en « monoprogrammation » :

> *« le système d'exploitation, appelé moniteur, ne prend en charge que l'enchaînement des tâches, correspondant à un seul programme utilisateur »*[5].

Géré par un moniteur d'enchaînement, le processeur des ordinateurs travaille ainsi de manière séquentielle, linéaire. Ce mode de traitement, qui s'est généralisé dès le début des années 50, constitue un progrès technique certain dans la fiabilité du traitement des données, puisqu'il permet une automatisation dans le passage d'un programme à un autre, là où jusqu'alors une intervention humaine était nécessaire.

3.3.1.2 Limites et inconvénients d'un système d'exploitation

Si le système du *batch processing* se révèle performant et fiable, au point d'être rapidement adopté par la totalité des constructeurs, il n'en comporte pas moins de sérieuses limites. Ses

---

- des traducteurs de langage et des programmes d'aide à la mise au point
- les programmes de planification et d'enchaînement des travaux
- le superviseur ou le moniteur
- des programmes et sous-programmes utilitaires et de service
- des programmes de gestion de fichiers ». (In M. POLITIS, *Pour comprendre l'informatique,* INSEP Editions, 1982, p. 388). Le MS-DOS a longtemps été l'un des systèmes d'exploitation les plus courants sur les ordinateurs de type PC, remplacé désormais par Windows 95 ou 98. Si les premiers véritables logiciels de système d'exploitation (les OS : *Operating Systems*) n'apparaissent, selon Moreau, qu'en 1964 sur l'IBM 360, toutes les notions de traitement par lots, temps partagé (*i.e. time-sharing*), temps réel, mono- et multi-programmation, qui dominent la décennie des années 50, renvoient cependant à ce domaine des systèmes permettant de gérer le fonctionnement de l'ordinateur (traitement et accès des données).

[3] M. POLITIS, *Pour comprendre l'informatique, op. cit.,* p. 391

[4] *Op. cit.,* p. 248

[5] *Ibid*.

inconvénients peuvent être résumés ainsi : la longueur des temps de réponse, l'obligation de passer par un opérateur.

La longueur des temps de réponse est sans doute le premier problème auquel certains chercheurs vont s'atteler. Ainsi John McCarthy rappelle que *« le temps de réponse de l'ordinateur du Computation Center du MIT à une requête peut varier de 3 à 36 heures, selon l'état de la machine, l'efficacité de l'opérateur et l'arriéré de travail »*[6].

Corbato fournit quelques explications techniques importantes pour comprendre le problème qui se pose alors. Les machines de la fin des années 50 doivent utiliser, comme périphériques d'entrée et de sortie, un lecteur de cartes perforées et une imprimante en ligne, une perforatrice de cartes. Ces dispositifs d'entrée-sortie déterminent la vitesse de travail des machines, qui s'en trouvent du coup très ralenties. L'une des solutions apportées par le *batch processing* consiste à pré-enregistrer les paquets de cartes entrées sur bandes magnétiques, en utilisant une machine auxiliaire. Ce dispositif sera notamment utilisé comme dispositif d'entrée de données sur l'IBM 704. Les données sont ainsi traitées par lots, de façon séquentielle. Mais la durée du cycle de traitement des données, entre l'entrée et la sortie, reste d'une demi-heure au minimum et plus souvent de deux heures. Parfois le temps de traitement peut durer un jour entier. Les longs travaux de calcul sont ainsi demandés par les chercheurs à la veille des week-ends. On peut imaginer la frustration croissante des premiers utilisateurs (chercheurs, étudiants, gestionnaires), devant patienter jusqu'à une journée et demi pour obtenir les résultats, non garantis, de leur programme.

La deuxième contrainte du traitement par lots n'en est pas moins lourde : dans ce type de système, l'ordinateur ne peut être utilisé que par une seule personne à la fois, un « opérateur », qui enfourne les données et les instructions sur d'interminables rubans de cartes perforées. Selon Moreau, le traitement par lots est même un recul par rapport aux tout premiers ordinateurs, qui permettaient un accès direct aux utilisateurs. De même, les systèmes en « temps réel » comme le *Whirlwind* autorisent également une certaine simultanéité et une interactivité, dont semblent dépourvus les ordinateurs en traitement par lots.

Quel type d'usage et de représentation de l'ordinateur est traduit, à travers ce système du traitement par lots ? A partir de raisons techniques initiales très spécifiques, les systèmes de *batch processing* vont symboliser ou plutôt « traduire » la domination sans partage d'une informatique lourde, vouée exclusivement au calcul et entièrement entre les mains d'un petit

---

[6] J. McCARTHY, *Memorandum to P. M. Morse proposing Time-Sharing. January 1, 1959,* [En ligne], Stanford University, 1996, [réf. du 10 mars 1998]

groupe de personnes. En dépossédant ou en écartant les utilisateurs, aussi réduits soient-ils, de l'accès direct à la machine, le traitement par lots renforce sans conteste le pouvoir des informaticiens, des experts ou des opérateurs et il n'est guère surprenant de voir figurer parmi ses plus ardents défenseurs la firme IBM, principale entreprise informatique de l'époque.

3.3.1.3 L'urgence du problème dans les universités et au MIT

Mais les contraintes techniques du traitement par lots ne s'imposent pas à tout le monde de la même manière. Et il serait erroné de croire que le traitement par lots est inévitablement condamné comme système d'exploitation. Si ce système a des défenseurs, c'est bien parce qu'il présente certains avantages ou que ses inconvénients ne sont pas ressentis par tous avec la même acuité. Les différents acteurs de l'informatique n'ont pas les mêmes attentes, les mêmes perceptions ni les mêmes intérêts.

Dans son interview au CBI, Fernando Corbato donne ainsi un éclairage, à la fois technique et « social » particulièrement intéressant sur une contrainte particulière du *batch processing*, que le *time-sharing* aura pour vocation de remplacer. Il rappelle que, vers la fin des années 50, les programmeurs commencent à écrire des programmes de plus en plus complexes. Plus les programmes sont compliqués, moins les programmeurs doivent faire d'erreurs car les processus de « déboguage » sont très longs. Or le problème est plus crucial dans les universités, qui disposent de ressources informatiques beaucoup moins nombreuses que les laboratoires militaires ou les entreprises[7]. Ce qui explique, selon lui, que la situation est « *pretty desperate* »[8]. Il livre, par là-même, l'une des clés de l'émergence du *time-sharing* dans les universités et notamment au MIT.

Le *time-sharing* correspond d'abord à une « nécessité interne » à la technique, à un besoin d'améliorer les performances des ordinateurs, arrivés à saturation dans les universités.

Si le « batch processing », alors prédominant, va devenir un « saillant réverse », *i.e.* un goulot d'étranglement de la technique, c'est bien en raison de la nécessité économique et technique d'augmenter la productivité des machines et des ressources informatiques.

Les facteurs techniques et économiques sont donc essentiels pour comprendre les raisons de la naissance, du développement et de l'essor du *time-sharing* dans les universités. Ces raisons sont

---

[7] Pour exemple, le laboratoire de *United Aircraft* à Hartford, qui travaille pour la défense, utilise simultanément cinq IBM 709, là où le MIT n'en a qu'un seul.

[8] F. CORBATO, *Interview by Arthur L. Norberg. 18 April 1989, 14 November 1990. Cambridge, MA*, Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990, p. 5

au départ beaucoup plus fortes que les visées communicationnelles, les projets de « communautés en ligne » élaborés ultérieurement.

Compte-tenu de leur (relatif) sous-équipement informatique, il est assez logique que le mouvement de réaction contre la domination du traitement par lots vienne des universités et de la première d'entre elles à être concernée par l'utilisation intensive de l'ordinateur : le MIT.

3.3.1.4 Time-sharing vs batch processing

Pour pallier les contraintes et les délais d'exécution du traitement par lots et dans la lignée du projet SAGE, d'autres systèmes de traitement des données vont ainsi voir le jour dans la deuxième partie des années 50 : les systèmes de temps partagé ou *time-sharing*.

Le *time-sharing* permet à chaque utilisateur d'avoir un accès direct à l'ordinateur :

> *« chaque utilisateur du système se voit alloué périodiquement le processeur, pendant un laps de temps déterminé. » (Universalis).*

Le premier objectif « technique » de ce nouveau système de traitement est donc de réduire le temps d'attente du traitement par lots, comme l'annoncera clairement John McCarthy en 1959 :

> *« Nous proposons avec le time-sharing de réduire ce temps de réponse à environ 1 seconde pour certains usages. »*[9]

Plus généralement, les systèmes de *time-sharing* sont porteurs d'éléments socio-techniques qui paraissent à l'opposé de ceux du traitement par lots :

- accès direct des utilisateurs *vs* accès indirect par un opérateur ;
- accès à l'ordinateur au moyen d'un terminal *vs* accès direct à l'unité centrale ;
- et surtout une conception de l'informatique beaucoup plus « communicationnelle » que « calculatrice ».

Il nous paraît essentiel d'insister d'emblée sur la dimension sociale ou socio-technique de cette opposition entre deux systèmes de traitement des programmes, généralement réduite à ses aspects strictement techniques. Le *time-sharing* n'est pas seulement une innovation technique importante, qui a marqué l'informatique de « deuxième génération » et préparé le terrain aux ordinateurs des troisième et quatrième ; il ne s'agit pas seulement de l'adjonction de terminaux à des ordinateurs, ni de modifications du système de gestion des interruptions ou du mode d'exécution des programmes, apportées par des informaticiens de haut vol.

---

[9] J. McCARTHY, *Memorandum to P. M. Morse proposing Time-Sharing. January 1, 1959,* [En ligne], Stanford University, 1996, [réf. du 10 mars 1998].

Nous verrons plus loin par quelles traductions majeures un simple dispositif technique, visant à améliorer le fonctionnement des ordinateurs, est devenu la figure emblématique d'un autre modèle de l'informatique.

3.3.1.5 Partage du temps ou des informations ?

On peut donc définir le *time-sharing* comme l'ensemble des systèmes permettant l'accès direct et partagé à l'ordinateur et l'interactivité.

Si l'objectif général de ces systèmes est bien l'utilisation collective, partagée des ressources de la machine, celle-ci peut prendre cependant deux formes différentes, qui ont donné lieu à deux systèmes parfois confondus :

- les systèmes de partage de l'ordinateur, ou le *time-sharing* proprement dit ;
- les systèmes de partage des informations.

Dans le premier cas (les *time-sharing systems*), il s'agit de partager la machine elle-même. Les tout premiers systèmes relèvent de ce type d'utilisation collective.

Le fait que cet accès soit « en local » ou « à distance » est secondaire et il ne faut pas confondre le *time-sharing* avec le télétraitement ou le traitement à distance, qui peut fonctionner sous différents systèmes d'exploitation (traitement par lots, multiprogramation ou *time-sharing*).

Quelle différence, dès lors, avec les systèmes de partage d'informations ? Un système de partage des informations, conversationnel et en ligne, comme l'accès à une banque de données, peut-il être considéré comme un système de *time-sharing* ? Moreau donne l'exemple du premier véritable système de partage d'informations, le système *SABRE* (*Semi Automatic Business Related Environment*), directement inspiré du réseau militaire SAGE et construit pour les *American Airlines*. Si le principal point commun entre les deux systèmes de partage est le fait que plusieurs utilisateurs peuvent utiliser une même machine en s'ignorant mutuellement, le partage des informations diffère sur de nombreux points du partage de la machine.

Ainsi, dans un système de partage des informations (de type SABRE) :

- les utilisateurs ne sont pas forcément des informaticiens (ils le sont même rarement), « *ils ne cherchent pas à mettre au point des programmes* »[10] ;
- *« les transactions à effectuer par la machine sont prédéterminées et leur durée à peu près connue »*, contrairement à un système de *time-sharing* ;
- *« les ressources nécessaires pour exécuter* (ces transactions*) sont connues à l'avance » ;*
- *« les réponses doivent être quasi-immédiates. Or, un utilisateur d'un système collectif peut quelquefois avoir à attendre quelques secondes et devoir s'en contenter » ;*

[10] Ce point est d'une grande importance et nous verrons que le *time-sharing*, s'il est un système informatique orienté vers l'utilisateur, reste cependant dans le cercle restreint des informaticiens : l'usager est lui-même informaticien.

- *« tous les accès se font vers des fichiers bien définis et en relativement petit nombre » ;*
- *« les fichiers sont organisés dans un style gestion et les programmes sont écrits pour être traités en temps réel, ce qui n'est pas le cas dans l'utilisation partagée de l'ordinateur »*[11].

3.3.2 Les précédents techniques du *time-sharing*

Sans trop entrer dans la technicité du *time-sharing*, rappelons-en les principaux éléments. Selon les pionniers de l'époque, « *deux éléments-clés sont nécessaires pour réaliser un système interactif en time-sharing : des interfaces avec des moyens de communication et une conception de machine intégrant les interruptions, la protection de la mémoire et une grande mémoire externe à accès rapide* »[12].

Ces deux éléments, techniquement réalisables à la fin des années 50, nous conduisent à évoquer les premiers jalons des systèmes de *time-sharing*.

On s'en doute : les systèmes de temps partagé, qui émergent au milieu des années 50, ne naissent pas techniquement *ex nihilo*. Au plan technique, trois étapes essentielles précèdent ou accompagnent ces systèmes : **la communication à distance, le temps réel et la multi-programmation**.

Ces trois aspects, incarnés dans des systèmes ou des expériences spécifiques, dessinent également trois des principaux traits du *time-sharing* :

- la connexion à distance et toute la dimension du travail à distance, du réseau, de la communauté en ligne ;
- l'interactivité, permise par le temps réel ;
- le partage des ressources, qu'autorise la multi-programmation.

3.3.2.1 La première communication à distance

Dans « l'histoire technique » du *time-sharing*, on cite souvent la première expérimentation de transmission de données à distance, organisée par le mathématicien George Stibitz en 1940.

Ayant construit aux Bells Labs le premier calculateur binaire, il fit une spectaculaire démonstration de commande à distance, lors du Congrès annuel de la *Mathematical Association of America* en septembre 1940. Les participants au congrès, qui se tenait sur le campus de Darthmouth à Hanovre (New Hampshire), pouvaient saisir des problèmes mathématiques dans

---

[11] R. MOREAU, *op. cit.*, p. 136-137

[12] J. LEE, J. LICKLIDER, J. McCARTHY, The Beginnings at MIT, In *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 14, n° 1, 1992, p. 18

un télétype (un téléscripteur), qui les soumettait, via le réseau téléphonique, au calculateur binaire des *Bells Laboratories* situé à New York. Le calculateur renvoyait la réponse à Darthmouth en moins d'une minute[13]. Cette « première » télématique annonce les systèmes de *time-sharing* fondés sur la connexion d'un (ou de plusieurs) télétype(s) à un ordinateur.

3.3.2.2 Vers les systèmes interactifs : le temps réel du Whirlwind

Qu'il s'agisse du traitement par lots (*batch processing*) en monoprogrammation, ou des nouveaux systèmes en multi-programmation (voir ci-dessous), ces modes de traitement ne permettent pas une véritable interaction immédiate et directe entre l'utilisateur et l'ordinateur.

L'un des jalons techniques dans le domaine de l'interactivité est le temps réel, qui précède immédiatement le *time-sharing.* Nous avons vu que les systèmes en temps réel apparaissent au début des années 50 avec le célèbre *Whirlwind*, prototype du système SAGE. Le temps réel désigne les systèmes conçus pour réagir immédiatement à un événement. Il s'agit de systèmes réservés en général à des dispositifs « physiques », prévus pour piloter des processus industriels : automatismes, commandes de machines-outils, robots... Un système d'exploitation en temps réel fonctionne schématiquement avec les éléments suivants :

- les demandes d'opérations proviennent de capteurs ;
- elles sont traitées séquentiellement ou immédiatement ;
- il faut des systèmes de gestion des interruptions de programme très perfectionnés, *i.e.* la possibilité d'automatiser la prise en comptes d'événements extérieurs au programme. Sur ce dernier point, l'invention du premier système de gestion des interruptions par Wes Clark, au carrefour technique de multiples innovations, représente également une étape technique capitale dans l'émergence du *time-sharing*.

3.3.2.3 Une innovation importante : la multiprogrammation

Définie comme une « *technique d'exploitation comportant l'exécution, par un ordinateur à une seule unité centrale, de plusieurs travaux qui sont menés de front par imbrication, soit en simultanéité à*

---

[13] Pour Stibitz, la possibilité d'émuler à distance un calculateur devait être considérée comme « *partie intégrante et naturelle de la conception de son système* ». La démonstration de Darthmouth n'était pas à ses yeux une « grosse affaire » mais une opération tout à fait banale, guère différente dans son principe de l'utilisation des téléscripteurs au sein des départements des Bell Telephone Laboratories.
D'après J. Lee, J. Licklider, J. McCarthy, The Beginnings at MIT, *art. cit.*, p. 18

l'occasion d'entrées et sorties, soit en alternance » [14], la multiprogrammation est, dans le domaine logiciel, l'une des innovations majeures des ordinateurs de la deuxième génération.

En effet, son principal intérêt est de remédier à la sous-utilisation de l'unité centrale : en monoprogrammation, l'unité arithmétique et logique de l'ordinateur n'est pas utilisée de manière optimale, car *« lors de chaque entrée/sortie, une fois le transfert d'informations initialisé, le processeur central est au repos, en attente de la fin du transfert* »[15].

La multiprogrammation est donc mise au point pour optimiser le travail du processeur : conçue pour des ordinateurs monoprocesseurs, elle permet de charger en mémoire plusieurs applications qui vont se « partager » le processeur[16].

Système d'exploitation complexe constitué de plusieurs programmes, le « superviseur de multiprogrammation », comme s'appelle ce nouveau système, doit gérer les entrées/sorties, ordonner l'enchaînement des tâches, gérer les erreurs, etc.. Selon Michel Politis, la multiprogrammation est à l'origine directe du *time-sharing*, avec lequel elle a été parfois confondue, et elle est mise au point pour développer l'utilisation de terminaux, en proposant un temps de réponse très court[17].

Ainsi, au milieu des années 50, la faisabilité technique du concept de *time-sharing* est démontrée par ces différentes réalisations. Mais « *il fallait un environnement favorable (au MIT) et un esprit brillant (John McCarthy) pour en tirer les conclusions pour un système de grande portée* »[18].

3.3.3 Sur quelles forces, quelles entités s'appuie d'abord le *time-sharing* ?

Si l'on ouvre la « boîte noire » du *time-sharing* en amont de son processus d'émergence, vers 1956-57, quelles « forces » y trouvons-nous ?[19] En 1956, le *time-sharing* n'existe pas encore en

---

[14] M. POLITIS, *Pour comprendre l'informatique, op. cit.*, p. 377

[15] *Ibid*., p. 250

[16] Ainsi le processeur va exécuter plusieurs applications à la fois et passer sans cesse de l'une à l'autre, au fur et à mesure des attentes dans l'exécution du programme en cours. Il s'agit d'un mode d'exécution pseudo-simultanée de plusieurs programmes. La multiprogrammation annonce les ordinateurs « multi-tâches » d'aujourd'hui.

[17] Politis explique ainsi la différence technique entre le time-sharing et la multiprogrammation : « *Un moniteur de temps partagé peut être considéré comme un logiciel ayant les mêmes fonctions qu'un système d'exploitation de multiprogrammation. La seule différence porte sur le fait que l'attribution du temps de travail avec l'unité arithmétique et logique est cyclique et identique pour chaque programme utilisateur.* » M. Politis, *op. cit*., p. 257.

[18] J. LEE, J. LICKLIDER, J. McCARTHY, The Beginnings at MIT, *art. cit.*, p. 18

[19] Le terme de forces est à prendre ici dans l'acception élargie de la sociologie de la traduction et regroupe tous les acteurs humains ou non-humains et les multiples intermédiaires (artefacts, textes, crédits) qui vont peu à peu se

tant que tel et il faudra de nombreuses « traductions », de nombreuses épreuves et de nombreuses associations hétérogènes pour que ce type de système d'exploitation finisse par l'emporter sur son rival, le traitement par lots. Les principales forces qui vont « conspirer » pour son émergence sont encore des plus réduites.

Elles ne sont pas nulles pour autant, puisque l'on y trouve :

- un « réseau de référence » particulièrement solide, riche et prestigieux, véritable centre nerveux de la recherche informatique : le MIT ;
- au sein de ce vaste ensemble, un nouveau cadre organisationnel et scientifique, encore fragile : le *Computation Center* ;
- un responsable de laboratoire ayant des qualités de « manager » : Phil Morse ;
- une équipe de jeunes chercheurs enthousiastes et brillants : Corbato, McCarthy... ;
- un ordinateur assez rapide pour son époque : l'IBM 704 ;
- un allié à la fois puissant et encombrant, IBM.

A ce premier ensemble vont s'ajouter, en trois ou quatre ans, des « alliés » de plus en plus nombreux et forts, qui permettront au *time-sharing* d'exister réellement.

3.3.3.1 Le Computation Center comme premier support : 1957-1960

Nous avons vu que ce laboratoire est un « produit dérivé » de l'aventure du *Whirlwind*. Financé en bonne partie par la NSF, le *Computation Center* de Phil Morse se met en place à partir d'un contrat avec IBM, qui a promis de lui fournir gratuitement un ordinateur ; et le nouveau laboratoire, à la tête du Consortium des universités de Nouvelle Angleterre, est chargé de développer les recherches et les applications les plus diverses sur l'informatique. Plusieurs contrats de recherche sont bientôt passés par le *Computation Center* : sur l'analyse numérique, l'architecture des machines et le *time-sharing*. Par ailleurs, dès 1956-57, Phil Morse recrute sur contrat plusieurs jeunes chercheurs du MIT ou d'autres universités : Dean Arden (déjà au MIT), John McCarthy (qui quitte Darthmouth pour rejoindre l'Institut), Marvin Minsky (qui sera l'associé de McCarthy), Herb Teager. 1957 marque le vrai point de départ du laboratoire avec la livraison de l'IBM 704, dernier cri de la technologie IBM.

L'histoire de cet ordinateur nous paraît constituer un exemple intéressant de transformation d'un « intermédiaire » en « acteur » de l'innovation, selon la grille d'analyse de Callon. A cette époque où l'ordinateur est encore objet d'étude avant de devenir outil banalisé, cet « objet

---

regrouper et s'associer dans une sorte d'embryon de réseau, qui correspond à ce que Callon nomme une « articulation socio-logique ».

technique inerte » habituellement considéré comme un intermédiaire, est bel et bien un « acteur », suscitant autour de lui un nouveau réseau socio-technique reliant des chercheurs, des machines, des textes, des projets, de l'argent, etc.. Car c'est bien autour et à partir de l'IBM 704 du *Computation Center* que va se constituer progressivement, de 1956 à 1959, le premier réseau socio-technique du *time-sharing*, reliant le MIT, le professeur Morse qui dirige ce nouveau laboratoire, un jeune chercheur inventif, John McCarthy, d'autres chercheurs comme Siegel et Herb Teager, qui donnera un nouveau sens aux recherches, la puissante IBM, propriétaire du 704 et assez réticente devant les « détournements » dont fait l'objet son ordinateur, la NSF qui finance les projets, etc..

3.3.3.1.1 Le rôle pionnier de McCarthy

De quand dater les premières idées, à qui attribuer la paternité de la première « géniale » intuition d'un autre type d'ordinateur ? Lancinante question des origines des inventions. Concernant le *time-sharing*, le nom d'un informaticien, plus connu en tant que spécialiste de l'Intelligence Artificielle, émerge et semble détenir, sinon la « paternité », du moins la primauté de l'idée : celui de John McCarthy.

Selon ses propres souvenirs, John McCarthy fait remonter ses premières idées sur le *time-sharing* à 1955, lors de son premier contact avec les ordinateurs[20] : alors étudiant au College de Darthmouth, il constate avec étonnement que le temps partagé n'est pas du tout l'objectif d'IBM et des autres constructeurs, polarisés alors sur le traitement par lots. McCarthy, dès cette époque, commence à s'intéresser de près à ce nouveau mode de traitement des programmes, déjà utilisé partiellement dans le projet SAGE. Le *time-sharing* est une notion encore peu connue, qui consiste, pour McCarthy, en un « *système d'exploitation qui permet à chaque utilisateur d'un ordinateur de se comporter comme s'il était en position de contrôle unique de l'ordinateur*»[21].

Ces idées de McCarthy, exprimées seulement oralement, vont pouvoir se concrétiser à partir de sa venue au MIT en 1957. Venant du Darthmouth College en tant que *fellowship*[22], le jeune et prometteur John McCarthy est recruté en effet par le *Computation Center* à l'automne 1957.

---

[20] J. McCarthy, *Reminiscences on the History of Time-Sharing*, [en ligne], 1983. Disponible sur <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/timesharing/ timesharing.html>. Ce texte a été d'abord publié dans : J.Lee, J. Licklider, J. McCarthy, The Beginnings at MIT, in *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 14, n° 1, 1992, p. 18-30

[21] J. LEE, J. LICKLIDER, J. McCARTHY, The Beginnings at MIT, *art. cit.*, p. 19

[22] Le *fellowship* est à la fois une bourse universitaire, réservée aux étudiants les plus brillants terminant leur *PhD*, et le titre de ces étuduants.

Dès son arrivée, McCarthy élabore des plans pour développer un système de temps partagé sur l'IBM 704 et propose des modifications minimes du matériel : la connexion d'un relais actionné par un *Flexowriter* (sorte de télétype basé sur une machine à écrire IBM), permettant de « piéger » la machine et de gérer le système d'interruptions indispensable au temps partagé.
Mais l'accord d'IBM, propriétaire du 704, est nécessaire pour modifier l'ordinateur.

3.3.3.1.2 La « mobilisation » du *Computation Center*

Les idées de McCarthy sur la nécessité d'un autre système d'exploitation intéressent vivement toute l'équipe du *Computation Center*. Dès 1958 en effet, un an à peine après l'arrivée de l'IBM 704, le *Computation Center* arrive déjà à la limite des possibilités de traitement des données avec le système du traitement par lots et les responsables n'arrivent pas à convaincre IBM de leur fournir davantage de ressources. Par ailleurs, le laboratoire ne peut acheter de nouvelles machines. La situation devient donc critique, à cause de la durée d'exécution des programmes.
L'équipe de Phil Morse et Corbato ne peut donc qu'être intéressée par les propositions de McCarthy de modifier le matériel existant. Mais elle sera obligée de passer sous les fourches caudines d'IBM, symbolisées par le mécanisme de la RPQ (*Request for Price Quotation).* La RPQ est un mécanisme administratif mis au point par IBM pour permettre aux clients de demander des modifications techniques sur ses machines. Elle doit préciser les souhaits de changement technique à apporter, pour être ensuite examinée par les ingénieurs et les cadres commerciaux d'IBM. Le circuit peut être assez long et compliqué.
Il s'agit d'un dispositif d'intéressement et d'enrôlement à double tranchant : d'un côté IBM, qui reste maître du jeu, peut refuser la RPQ et obliger ses clients à rester dans la configuration technique antérieure, d'un autre côté, le client peut arriver à infléchir IBM dans son sens.
En l'occurrence, c'est ce qui se passe au *Computation Center*, dont la RPQ contenant les propositions de McCarthy reçoit, à la grande surprise de celui-ci, l'accord d'IBM. Selon Corbato, IBM a dû recevoir au même moment d'autres demandes similaires, notamment de compagnies aériennes : malgré l'opposition de ses ingénieurs, la logique commerciale l'a emporté et la firme a préféré laisser modifier ses machines plutôt que perdre des clients.
Une fois obtenu l'accord d'IBM, les premiers travaux sur le *time-sharing* vont pouvoir commencer[23]et à partir de 1959, le *time-sharing* est devenu l'un des thèmes de recherche

[23] McCarthy travaille alors avec Arnold Siegel, un ingénieur qui avait déjà construit un dispositif d'entrée pour *Flexowriter* sur le *Whirlwind*, dans le cadre d'un projet mené par Doug Ross en 1956. Siegel est chargé de concevoir et construire le matériel nécessaire à la connexion du *Flexowriter* sur l'IBM 704, tandis qu'un autre chercheur doit s'occuper des modifications du système d'exploitation (séparation encore non tranchée entre « hardware » et « software ». Une première démonstration « online » de ce projet est organisée par John McCarthy vers la fin 1958, à l'occasion d'une réunion du Département « Filiales Industrielles » du MIT: situé lui-même dans

majeurs du *Computation Center*. Ce nouveau système d'exploitation commence à être formalisé par McCarthy, un nouveau chercheur, Herb Teager, va entrer en scène et les recherches vont prendre des directions divergentes.

3.3.3.1.3 Premier texte sur le *time-sharing*

L'année 1959 commence par la sortie du premier texte consacré spécifiquement au *time-sharing*[24], le rapport remis le 1er janvier par J. McCarthy au Professeur Morse, Directeur du *Computation Center* : *« Memorandum to P. M. Morse Proposing Time-sharing* ». McCarthy y propose un nouveau système d'exploitation à mettre en place sur le futur ordinateur, un IBM 709 à transistors qui doit être livré en juillet 1960 et il incite fortement le MIT à s'engager dans la nouvelle direction ouverte par le *time-sharing*.

Ce Memorandum de quelques pages, au contenu essentiellement technique, constitue une étape importante dans l'émergence du temps partagé en tant que thème de recherche. Si McCarthy n'y développe pas une nouvelle vision de l'ordinateur et des usages potentiels du *time-sharing*, il définit néanmoins avec précision toutes les conditions de réalisation de son projet : conditions techniques mais aussi sociales ou socio-techniques, en préconisant une étroite coopération avec IBM ainsi que la mobilisation des autres chercheurs du MIT sur ce terrain de recherche.

3.3.3.1.4 La « traduction-Teager »

Le deuxième fait notable de cette année 1959 est l'arrivée au MIT de Herbert Teager, professeur assistant d'électronique, déjà intéressé par les projets sur le *time-sharing* et qui va prendre rapidement une place importante dans ce processus de traduction.

Au cours de cette année-là, Philip Morse demande à John McCarthy de choisir entre le temps partagé et l'intelligence artificielle et lui parle, pour le remplacer, de ce nouvel assistant, Herb Teager. McCarthy choisit l'Intelligence Artificielle, son domaine de recherche privilégié et laisse à Teager la poursuite du projet de *time-sharing*, commencé sur l'IBM 704.

---

la salle des ordinateurs du MIT, McCarthy organise, avec l'aide de son assistant Steve Russell, une démonstration en ligne du langage d'Intelligence Artificielle LISP. Celui-ci est visible dans une salle du 4ème étage, reliée par un circuit fermé de TV à l'ordinateur. Appelé « *time-stealing* », il ne s'agit, selon McCarthy, que d'un *« simple prélude au véritable système de time-sharing* ».

[24] Un premier article a déjà été publié en 1957 portant sur le système SAGE, dans lequel les auteurs donnent une première description du time-sharing : « SAGE - A Data Processing System for Air Defense », de R.R. Everett, C.A. Zraket, et H.D. Bennington, in *IRE*, 1957 (Lee, *art. cit.*, p. 18)

Cette reprise en mains du projet initial de McCarthy par Teager représente le premier changement de direction, le premier déplacement sur la ligne du *time-sharing* : déplacement humain, mais aussi organisationnel et technique.

Au plan organisationnel, la poursuite du projet de McCarthy par Teager se traduit par l'élaboration d'un véritable programme de recherche, engagé au début 1960 dans le cadre d'un contrat signé par Phil Morse avec la NSF et l'ONR, dans lequel le *Computation Center* s'engage dans la réalisation d'un système de *time-sharing*. Herb Teager en est le responsable.

De simple projet personnel, le *time-sharing* se transforme en programme de recherche officiel.

Au plan technique, la traduction, dont Teager va être l'opérateur, porte d'abord sur le type de machine utilisé pour le projet. Après avoir essayé de construire son système sur l'IBM 704, Teager change de support pour travailler sur l'IBM 709, puis sur le 7090 qui vient d'être installé au *Computation Center*[25].

Mais le principal aspect de la « traduction-Teager » concerne la nature même du projet. Herbert Teager ne se contente pas de continuer à l'identique les premiers travaux de McCarthy, il les amplifie : il conçoit un système avec trois *Flexowriter* au lieu d'un, apporte de nombreuses modifications à l'IBM 7090 (qu'IBM acceptera avec réticence) et se lance dans un projet jugé très (voire trop) ambitieux par ses collègues[26].

La première expérimentation de *time-sharing*, lancée par McCarthy en 1957, va donc continuer sous la direction de Teager pendant les années 1959-62, mais dans un contexte différent, marqué par l'éclosion de nouveaux projets et, paradoxalement, l'isolement croissant de Teager.

3.3.4 Quels alliés ? 1960-1962 : émergence d'un réseau socio-technique

A la fin des années 50, le thème du *time-sharing* commence à émerger dans une petite communauté d'informaticiens, dont la plupart travaillent au MIT[27].

---

[25] Les besoins en capacité informatique ne cessant d'augmenter, l'IBM 704 du *Computation Center* est en effet remplacé par un IBM 709 (probablement vers la fin 58), puis en 1960 par un IBM 7090, l'un des premiers ordinateurs à transistors. A la même époque, de nombreux ordinateurs plus petits sont également installés dans divers groupes du MIT.

[26] Dans ses souvenirs, McCarthy n'est pas en mesure de se rappeller son propre rôle dans cette inflexion du projet initial et il juge assez sévèrement le projet de Teager : pour lui, il y avait un tel fossé entre les plans « grandioses » de Teager et les équipements réellement disponibles que Teager n'a jamais pu vraiment commencer ce projet de *time-sharing* dont il avait la charge. Cet aspect humain des relations entre chercheurs est loin d'être anecdotique, car les projets de Teager recevront constamment un accueil plutôt critique de la part des collègues.

[27] Précisons cependant que l'idée ou la notion de *time-sharing* n'est pas limitée au seul institut de Cambridge. Ainsi en 1957, dans un article sur le système *SAGE (« SAGE - A Data Processing System for Air Defense »*), trois chercheurs impliqués dans le réseau militaire, R.R. Everett, C.A. Zraket et H.D. Bennington, décrivaient un système d'exploitation préfigurant ou annonçant le *time-sharing*. D'après *Beginnings of MIT, art. cit.*

Un autre indice de l'éclosion de ce thème dans la communauté des chercheurs est la première intervention publique faite par un chercheur britannique, Christopher Strachey *(« Time-sharing of large fast computers »)* lors de la Conférence Internationale sur le Traitement de l'Information (IFIP Congress) de l'UNESCO à Paris en juin 1959. Strachey, qui conçoit le *time-sharing* plutôt comme un système de multi-programmation, se verra d'ailleurs attribuer par la suite la paternité de l'idée, au grand dam de McCarthy.

Mais si cette apparition dans divers milieux de la recherche informatique indique effectivement la prégnance du thème, elle n'explique nullement comment une notion qui est encore « dans l'air » va se réaliser, *i.e.* comment elle surmontera les différentes épreuves menant d'une idée nouvelle à une nouvelle réalité. Selon la terminologie de la traduction, nous pouvons suggérer qu'en 1959, John McCarthy, malgré son écartement volontaire du projet initial, est en passe de réussir sa problématisation : il a imposé le thème, obligé d'autres acteurs et actants (IBM, le 704, le 709) à se « détourner » de leurs objectifs pour se déterminer par rapport à son projet, il a transformé par ses travaux le *Computation Center* en point de passage obligé pour tout chercheur intéressé par le *time-sharing* (comme Herb Teager), il a commencé à intéresser et recruter différents alliés. En bref, il a commencé à donner une réalité à quelque chose qui n'existait encore que dans l'esprit de quelques chercheurs.

Pourtant, au début de la décennie 60, rien ne semble encore acquis et les liens qui unissent les différents acteurs et actants sont très fragiles. Pour que cette problématisation du *time-sharing*, cette « articulation socio-logique » émergente puisse se renforcer, il va lui falloir de nouveaux alliés, d'autres acteurs, d'autres projets.

Après avoir décrit ces nouvelles entités qui vont composer « l'acteur-réseau » du *time-sharing*, nous verrons dans un second temps comment l'extension rapide de ce réseau socio-technique s'est accompagnée de multiples controverses.

3.3.4.1 Les supports nécessaires : les ordinateurs à transistors

Quelles sont d'abord les artefacts, les supports nécessaires à l'émergence du *time-sharing* ?

Si les principes techniques sont à peu près élaborés dans la seconde moitié des années 50, la réalisation pratique va buter encore pendant plusieurs années sur les limites techniques du matériel. Pour pouvoir fonctionner correctement, le *time-sharing* nécessite en effet des ordinateurs assez puissants et rapides.

Nous avons vu que l'IBM 704 (de 1955), dont les capacités de mémoire sont pourtant jugées très importantes, est assez vite considéré comme insuffisant par les chercheurs du *Computation*

Center. Les systèmes embryonnaires de McCarthy et de Teager vont ensuite utiliser un IBM 709, descendant direct de l'IBM 704. Dernière machine à tubes de la série des IBM des années 50, cette machine, lancée par IBM en 1958, annonce la fin de la « première génération » d'ordinateurs.

3.3.4.1.1 L'IBM 7090

A peine sorti, le 709 est remplacé et dépassé par le premier ordinateur IBM entièrement à transistors, l'IBM 7090. Construit en réponse à un nouvel appel d'offres du Pentagone, lancé au début 1958 pour gérer un système de défense anti-missiles, la nouvelle machine d'IBM est dérivée du 709 mais sera cinq fois plus rapide que lui, car elle va utiliser la nouvelle technique des transistors[28]. Avec cet ordinateur commence la « deuxième génération » et apparaît le véritable support des systèmes de *time-sharing* développés au MIT.

3.3.4.1.2 Le PDP-1

Une deuxième machine va jouer un rôle important à l'aube des premiers systèmes : le PDP-1.
Conçu à partir de 1957 par Kenneth H. Olson (l'un des chercheurs de l'équipe du *Whirlwind* de Forrester), Norm Anderson et quelques autres chercheurs venus du Lincoln Lab, le PDP-1 est le premier ordinateur construit par la toute jeune entreprise DEC (*Digital Equipment Corporation*), que viennent de fonder Olson et ses collègues. Issu de la « lignée du *Whirlwind* », le PDP-1 (*Programmed Data Processor*) est célèbre dans l'histoire de l'informatique par les différentes innovations dont il est porteur[29]. Ce premier ordinateur de DEC inaugure la série des PDP, les premiers véritables mini-ordinateurs (ils sont de la taille d'un réfrigérateur) accessibles à de nombreux utilisateurs, qui connaîtront un large succès.
La petite machine innovante et rapide de DEC est alors construite pour le compte d'une autre société : la firme BBN (*Bolt Beranek and Newman*). Ce nouvel intermédiaire qu'est le PDP-1 va ainsi permettre la connexion avec d'autres acteurs essentiels de toute l'histoire commune du *time-sharing* et d'ARPANET.

---

[28] Appelé *IBM 709TX*, lors de sa première expérimentation en novembre 1959, cet ordinateur prendra ensuite le nom *d'IBM 7090*, à sa sortie en 1960.

[29] En bref, le PDP-1 est le premier ordinateur à temps réel commercialisé, le premier mini-ordinateur par sa petite taille, le premier ordinateur commercial avec écran graphique et enfin l'une des premières machines avec un nouveau système de mémoire, les mémoires à accès direct (et non séquentiel).

3.3.4.2 L'entreprise BBN et Licklider : nouveaux acteurs du time-sharing

Parmi les nouveaux alliés du *time-sharing* vont figurer deux acteurs de poids, dont le parcours est à ce moment-là commun : l'entreprise BBN et Licklider.

3.3.4.2.1 BBN : de l'acoustique à l'informatique

Les origines de BBN remontent à la Deuxième Guerre mondiale, alors que Richard Bolt, chercheur doté d'une double formation d'architecte et de physicien, travaille pour la *Navy* sur la détection acoustique des sous-marins et enseigne au MIT, comme Leo Beranek, un ingénieur électricien menant également des recherches en acoustique. Après la guerre, Richard Bolt, devenu directeur de *l'Acoustics Laboratory* du MIT, est également consultant et travaille déjà avec Beranek[30]. Lorsqu'en 1948, Bolt est chargé par les Nations Unies de concevoir l'acoustique du siège de l'ONU à New York, il sollicite l'aide de son collègue et lui propose de s'associer pour monter une entreprise de conseil, *Bolt & Beranek.* Le *N* sera ajouté en 1949 lorsque les deux consultants s'associent avec un autre architecte, ayant reçu lui aussi une formation de physicien : Robert Newman. La société BBN, *Bolt Beranek & Newman* est née[31]. Elle compte parmi ses membres Jordon Baruch, qui sera parmi les premiers dans l'entreprise à s'intéresser aux ordinateurs.

Pendant la première moitié des années 50, cette entreprise de conseil en acoustique n'a rien à voir avec l'informatique, même si ses dirigeants perçoivent l'importance grandissante de ce nouvel outil au MIT, où ils travaillent toujours partiellement.

Comment une entreprise d'acoustique va-t-elle se transformer en l'une des principales firmes d'informatique ? Par quelles traductions est-elle passée pour changer ainsi d'identité, de rôle et d'histoire ? Le principal opérateur de cette transformation de BBN est Licklider, dont l'arrivée en 1957 va profondément infléchir le devenir de la firme de Cambridge.

3.3.4.2.2 Licklider : déjà au coeur de la recherche

Nous avons déjà évoqué le rôle déterminant de Licklider dans la création du Lincoln Lab*oratory*. La biographie de ce chercheur est si riche qu'elle semble épouser toute l'histoire de l'informatique des années 50-60. S'il est surtout connu pour ses visions prémonitoires sur le monde des réseaux, ses intuitions sur les interfaces hommes-machines et son rôle dans le

---

[30] Ils reçoivent ainsi des demandes d'aide pour la conception acoustique de nouveaux bâtiments.

[31] Sur les débuts de BBN, voir notamment K. HAFNER, M. LYON, *Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet, op. cit.*, p. 99-100

financement de la recherche informatique, son rôle, moins célèbre, d'ingénieur, de manager et de conseiller est tout aussi essentiel.

Né à Saint-Louis en 1915, Joseph Carl Robnett Licklider est un personnage singulier de par sa double formation initiale de psychologue (avec un diplôme de psychologie à Harvard) et d'ingénieur (au MIT), formation enrichie de nombreuses expériences multidisciplinaires qui vont lui permettre d'élaborer une vision originale parmi les ingénieurs de l'époque.

Son premier domaine de formation et d'expertise est la psycho-acoustique. Pendant la guerre, il travaille comme assistant de recherche au *Harvard Psychoacoustic Laboratory*, où il deviendra, après 1945, enseignant (*lecturer*). Il y enseigne les statistiques et la « psychologie physiologique » et travaille avec un certain Leo Beranek, qui va l'inciter à le suivre au MIT. Licklider, sur les conseils de Bolt et Beranek, rejoint donc le célèbre institut pour travailler au laboratoire d'acoustique. Les deux chercheurs, un peu plus âgés que lui, vont donner incidemment une toute autre orientation à sa carrière. Et l'on voit que les premières connexions du réseau humain du futur ARPANET sont très anciennes.

Dès son arrivée au MIT, Licklider a l'intention de créer une section de psychologie, qu'il espère transformer ensuite en Département. Intéressé par « l'ingénierie électrique », il travaille également dans *l'Electrical Engineering Department* de l'Institut.

Par ailleurs, alors qu'il était encore assistant en psychologie à Harvard, il a rejoint le cercle de chercheurs qui se constitue à Cambridge autour du père de la cybernétique, Norbert Wiener, dont il suit avec assiduité le séminaire hebdomadaire.

Les contacts noués alors à la fin des années 40 sont essentiels, à la fois dans la formation intellectuelle de Licklider et dans la constitution de son réseau personnel : à l'occasion des rencontres de la cybernétique, il établit ainsi de précieuses relations avec de très nombreux chercheurs du MIT mais aussi d'autres universités et de toutes disciplines. Il rencontre notamment la plupart des pionniers de l'informatique de l'époque (Howard Aiken, Von Neumann, Jay Forrester), des psychologues et les cybernéticiens de la première heure (Jerôme Wiesner, Claude Shannon, Robert Fano). C'est à partir de ces discussions et de ces contacts sur la cybernétique que Licklider commence à s'intéresser aux ordinateurs.

Licklider apparaît comme l'un des chercheurs qui aura tiré le meilleur parti de cette période de bouillonnement scientifique, qui prolonge le « bouillon de culture » de la communication des années 40, décrit par P. Breton[32], période qu'il qualifiera plus tard d'« *enthousiasmante* » ou « *fantastiquement excitante* ». Enchaînant rencontres, formations, projets, élaborations

[32] Voir notamment P. BRETON, *L'Utopie de la communication. L'émergence de "l'homme sans intérieur"*, La Découverte, 1992

théoriques, il va devenir au fil des années 50 l'un de ceux qui connaîtront le mieux le petit monde de la recherche informatique, par sa triple connaissance des idées, des machines et des hommes.

Nous avons évoqué son parcours du début des années 50, lorsqu'il participe, avec son enthousiasme habituel[33]aux *Summer Projects*, qui débouchent sur la création du Lincoln Lab*oratory* en 1951-52. Cette époque est importante dans la carrière de Licklider, car elle préfigure plusieurs aspects de son action future au sein de l'ARPA.

En 1952, absorbé par ses recherches pour la défense aérienne, Licklider ne peut monter son projet de section de psychologie au MIT. Il travaille alors au RLE (*Research Laboratory for Electronics*) avec des ingénieurs sur les ordinateurs, les radars et les communications. Au sein du nouveau Lincoln Lab où il travaille quelques temps, Licklider prend conscience des besoins de la recherche en matière de présentation de l'information dans les systèmes de contrôle. Il constitue à cette occasion l'un des groupes de recherche les plus performants en psychologie expérimentale[34]. La constitution de ce groupe de travail en psychologie, fondée sur la recherche de l'excellence, préfigure d'ailleurs l'une des constantes de l'action de Licklider, en tant que manager de la recherche scientifique : celle de « chasseur de têtes ».

A la fin 52-début 53, Licklider se trouve tiraillé entre trois directions de recherche : le laboratoire d'acoustique du MIT, le Lincoln Lab et ce groupe de recherche en psychologie qu'il vient de créer et son projet de création d'une section de psychologie.

Renonçant au Lincoln Lab (selon des modalités assez étonnantes[35]), Licklider va pouvoir commencer en 1953 à réaliser son projet initial : monter un département de psychologie au MIT.

En fait, ne disposant pour seules troupes que de cinq jeunes collègues du groupe de psychologues qu'il avait constitué au Lincoln Lab[36], il ne pourra mettre en place qu'une section et non un département de psychologie[37].

---

[33]L'enthousiasme de Licklider est l'un des traits marquants de son caractère, souligné dans tous les témoignages de ceux qui l'ont connu.

[34] Pour résoudre notamment le problème de « l'affichage et du contrôle » des écrans radar, il créée avec un jeune ingénieur, Herbie Weiss (devenu l'un des meilleurs spécialistes des grandes antennes), un groupe de travail composé pour moitié de psychologues expérimentaux et d'ingénieurs en électronique. Les thèmes de recherche portent sur les problèmes de présentation de l'information et les interfaces hommes-machines. Et pour composer une partie du groupe, Licklider cherche à recruter dans les dix meilleures écoles (Michigan, Berkeley, UCLA, Harvard, Stanford) les dix meilleurs doctorants, en fin de Ph D de psychologie. Pour les sélectionner, il leur fait passer un test, le test des analogies de Miller, qu'il a adapté : les gens qui obtiennent plus de 85 sont pris.

[35] Ainsi, au moment du déménagement du Lincoln Lab dans les nouveaux locaux de Lexington, Licklider et son ami George Miller, ancien collègue de Harvard, hésitent sur leur choix et décident de tirer à pile ou face pour savoir qui reste au MIT ! Miller partira avec le Lincoln Lab et Licklider restera au MIT. Les carrières des chercheurs ne suivent pas des voies toutes tracées et nous verrons plus loin comment le devenir de l'informatique interactive a croisé une fois de plus le hasard d'un jeu de pile ou face.

A cette époque, Licklider partage donc ses recherches au MIT entre deux laboratoires spécifiques, sans lien direct entre eux : l'*Acoustics Laboratory* et la section de Psychologie qu'il vient de créer. Se situant dans le cadre plus global de la communication humaine et de la communication homme-machine, il fera la jonction entre ses deux axes de recherche par un travail sur le radar auditif[38].

A l'automne 1956, le parcours scientifique et professionnel de Licklider connaît une nouvelle et importante diversification : il devient membre de *l'Air Force Scientific Advisory Board* (Conseil Scientifique Consultatif de l'*US Air Force*), où il restera jusqu'en 1962[39].

Dès cette époque, Licklider est donc fortement impliqué dans les « réseaux » de l'*US Air Force*, à la fois sur des recherches très spécifiques et sur les questions plus générales du « *Command and Control* », vis-à-vis duquel Licklider témoigne déjà d'une position critique.

En 1956, le réseau de relations, dont Licklider est le centre, se présente donc ainsi : il travaille au MIT, où ses diverses recherches se répartissent entre trois laboratoires (la section de psychologie de la *Sloan School*, le laboratoire d'acoustique et le Lincoln Lab, avec lequel il est resté en contact étroit) et connaît presque tous les chercheurs en informatique du moment. Au plan de ses relations à l'extérieur du « pôle Scientifique », il est membre d'un conseil de haut niveau de l'armée de l'air, le Conseil Scientifique Consultatif de l'*US Air Force* et participe à de multiples recherches militaires. Enfin il reçoit des subventions du *National Institutes of Health*, l'agence civile de financement de la recherche médicale.

A cette époque, Licklider, travaillant avec des calculateurs analogiques pour un projet de modélisation du cerveau, se rend compte qu'il ne peut aller plus loin dans ses recherches avec ce type de matériel et qu'il a besoin de travailler sur un ordinateur. Initié par Wes Clark à

---

[36] Dont Bill McGill, Alex Babilus et Herb Jenkins.

[37] Installé dans les bâtiments de la *Sloan School of Management*, le *Sloan Building*, le groupe de Licklider crée donc une section ou un laboratoire de pyschologie, administré par le *Research Laboratory for Electronics* du MIT, décroche des contrats de recherche, obtient des crédits et engage plusieurs travaux.

[38] Avec deux autres chercheurs, Harry Shector, statisticien travaillant pour le Cambridge Research Center de l'*US Air Force*, et Bill Huggins, ingénieur électronicien, il met au point un nouveau type de radar vers 1953-1954.
La majorité des contrats de recherche du nouveau laboratoire sont passés avec un partenaire que Licklider connait bien : l'*US Air Force* et plus particulièrement l'un de ses laboratoires, le *Human Resources Research Laboratory*. Les recherches portent sur la recherche psycho-acoustique : recherches expérimentales et fondamentales sur la théorie de l'audition...

[39] Il est sollicité notamment pour animer un comité de travail sur l'exploration, du point de vue du facteur humain, des mérites comparés des systèmes de commande à une ou deux personnes, pour les avions d'interception de type F-86, F-89 et F-94. Ainsi le F-86 était une machine pilotée par une seule personne, alors que le F-89 et le F-94 étaient des avions à deux pilotes. Ce comité, de 6 à 8 personnes, composé pour partie de militaires (dont un colonel) et pour partie d'ingénieurs et de psychologues, rendra un rapport très critique à l'ARDC (*Air Force Research and Development*).

l'utilisation du TX2, Licklider se forme à l'informatique et peut accéder aux machines électroniques les plus perfectionnées de l'époque, au sein du RLE (Research Laboratory for Electronics). Mais bientôt, ne pouvant poursuivre son projet de création d'un Département de Psychologie au sein du MIT, il se tourne résolument vers le domaine des ordinateurs, sans renoncer à ses axes de recherche. La « jonction » avec BBN est prête.

3.3.4.2.3 La « traduction Licklider-BBN »

Licklider connaît bien les consultants de BBN, avec qui il travaille toujours au sein de *l'Acoustics Lab*. L'équipe de BBN, qui délaisse alors le MIT pour leur entreprise, est de plus en plus intéressée par l'utilisation de l'ordinateur, qu'elle ne maîtrise pas encore.

De son côté, Licklider cherche une nouvelle opportunité pour poursuivre ses recherches conjointes sur l'informatique et l'acoustique. Il passe alors un accord avec l'équipe de BBN, qu'il veut rejoindre pour créer un laboratoire de psycho-acoustique. Mais son projet principal, justifiant sa venue chez BBN, est de faire acheter un ordinateur par la firme pour se consacrer davantage à l'informatique.

Il est donc recruté en 1957 et, selon son témoignage[40], son arrivée donnera l'impulsion nécessaire à la réorientation stratégique de la firme d'acoustique vers l'informatique[41].

La recherche informatique à cette époque est « un tout petit monde » et les liens entre les différents acteurs y sont multiples. Ainsi, au moment où Licklider arrive dans la firme de Cambridge, des chercheurs quittent le Lincoln Lab pour fonder leur entreprise, DEC (*Digital Equipment Corporation*, dont nous avons déjà parlé). Ken Olsen et ses collègues entreprennent la conception du PDP-1 et proposent à BBN de recevoir en prêt un prototype du nouvel ordinateur.

Après un test d'un mois chez BBN en 1959, le PDP-1 est retourné à la société DEC, qui en commence alors la construction en série.

Les conséquences de cette série d'interactions au sein de la petite communauté informatique de Cambridge sont décisives pour l'avenir de la firme de consultants en acoustique, comme pour celui du *time-sharing*. En effet, la présence du PDP-1 et les travaux de Licklider, déjà très connu

---

[40] J. LICKLIDER, *Interview by William Aspray and Arthur Norberg. 28 October 1988. Cambridge, Massachussets*, Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1988, p. 5

[41] En septembre 1958 en effet, Licklider demande à Beranek d'acheter un ordinateur pour pouvoir faire de la recherche fondamentale. Beranek, qui ne connaît pas l'informatique, lui fait confiance et accepte de dépenser 25 000 dollars pour l'achat d'une machine, un *Royal McBee LGB-30*, ordinateur puissant mais assez lent sur lequel Licklider apprendra la programmation.

et unanimement apprécié par ses pairs, vont commencer à rendre très attractive la petite entreprise de consultants. De là date sans aucun doute cette réputation de « troisième université » de Cambridge, qui fera longtemps la gloire de BBN[42]. En plus de Harvard et du MIT, BBN va devenir au début des années 60 un passage obligé pour de nombreux et brillants jeunes chercheurs en informatique de la côte Est.

Une fois encore, le rôle de Licklider s'avére capital : disposant d'une grande liberté au sein de l'entreprise, Licklider incite de jeunes collègues du MIT, comme Minsky et McCarthy, à venir travailler chez BBN comme consultants. Il constitue ainsi autour de lui une petite équipe, constituée de jeunes chercheurs et d'étudiants doctorants du MIT : Kane, Raphael, Bobrow, Bryant Chucking. Cette équipe sera renforcée bientôt par Ed Fredkin, un « jeune génie », selon l'expression de Licklider. Toute cette équipe de jeunes informaticiens, animée par Licklider, va entreprendre plusieurs travaux sur le PDP-1 de DEC et se lancer dans la construction d'un des tout premiers systèmes à temps partagé. Tout en participant aux travaux sur le PDP-1, Licklider commence ses premières réflexions de fond sur les possibilités offertes par l'ordinateur dans l'aide au travail intellectuel et sur l'interactivité hommes-machines, réflexions qui aboutiront à un article important, « *Man-Computer Symbiosis* » (que nous présentons plus loin).

3.3.4.2.4 Le projet de *time-sharing* chez BBN

Si Licklider est à l'origine de la réorientation de BBN vers l'informatique, c'est de nouveau John McCarthy qui va faire de cette entreprise l'un des pionniers du *time-sharing*. Après avoir abandonné son projet au *Computation Center* aux mains de Teager, McCarthy poursuit au MIT ses recherches sur l'Intelligence Artificielle[43] mais en 1960, il est recruté par Licklider comme consultant chez BBN, sans quitter le MIT.

Selon son propre témoignage, il serait à l'origine directe du projet de *time-sharing* sur le PDP-1, après avoir convaincu Ed Fredkin et Licklider de l'intérêt de ce type de système d'exploitation[44]. Fredkin se montre très intéressé par les idées de McCarthy et propose, à la surprise de celui-ci, d'utiliser le nouvel ordinateur en temps réel, le PDP-1.

Fredkin parvient ensuite à convaincre l'ingénieur en chef de DEC, Ben Gurley, de construire l'équipement nécessaire pour un système de *time-sharing* sur le PDP-1. Une demande de soutien

---

[42] Voir notamment K. HAFNER, M. LYON, *Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet, op. cit.*, chapitre 3 « la troisième université », p. 99-121

[43] Recherches qui le rendront beaucoup plus célèbre d'ailleurs que ses innovations sur les systèmes d'exploitation.

financier du NIH (*National Institutes for Health*) est prévue, en raison des applications médicales potentielles du projet.

Fredkin ayant quitté BBN peu de temps après le lancement du projet, McCarthy en prend la responsabilité technique. Un programmeur, Sheldon Boilen, est recruté pour être responsable de la programmation et McCarthy reconfigure le système d'extension de mémoire proposé par DEC.

Ainsi, après celui du MIT, un deuxième projet de *time-sharing* voit le jour en 1960. Ce projet aboutira à l'été 1962.

3.3.4.3 Le deuxième projet au MIT : le PDP-1 de Jack Dennis

Le réseau socio-technique du *time-sharing*, après avoir « jeté une ligne » sur ce proche partenaire du MIT qu'est l'entreprise BBN, va revenir au coeur de l'institut, dans le Département d'Electronique. L'acteur concerné ici s'appelle Jack Dennis. Jeune chercheur (il vient de finir une thèse d'électronique en 1958), il est recruté en 1959 comme maître assistant au *Department of Electrical Engineering*. Dennis travaille alors depuis plus d'un an sur le TX-0 de Wes Clark, qui a été donné par le Lincoln Lab au RLE. Il essaie d'écrire un programme d'assemblage (un macro assembleur) pour le TX-0 et d'apporter diverses améliorations, allant dans le sens d'une plus grande interactivité. Mais sur les conseils de McCarthy, infatigable avocat du *time-sharing*, il entreprend de transformer le TX-0 en ordinateur à temps partagé[45].

Après quelques expérimentations peu probantes, une nouvelle « micro-traduction » technique va intervenir, modifiant la trajectoire des acteurs humains et des projets techniques : la livraison au MIT d'un PDP-1. En effet, au moment où débute le projet de BBN (c'est-à-dire vers 1960[46]), la firme DEC décide de confier également un PDP-1 à l'*Electrical Engineering Department* du MIT. Cet ordinateur, dont l'équipement est le même que celui de BBN avec une capacité de mémoire inférieure, est installé sous la responsabilité de Jack Dennis, qui va pouvoir changer de

---

[44] Si Licklider confirme que l'impulsion a bien été donnée par McCarthy, il ne fait pas état, en revanche, de sa propre « conversion » au *time-sharing*, dont McCarthy revendique la responsabilité, laissant entendre qu'il était déjà convaincu.

[45] Ici intervient un détail technique intéressant, révélateur de la complexité des chemins de l'innovation et du poids de la logique interne aux techniques. Pour McCarthy, Dennis a certainement des vues avancées sur les interactions possibles entre l'ordinateur et les utilisateurs mais ses idées sont différentes des siennes à cause de l'utilisation du logiciel du TX-0. Car le modèle d'ordinateur incarné par le TX-0 et le TX-2 est, selon McCarthy, à l'opposé de celui du *time-sharing* : l'idée essentielle du TX-0 est celle d'un super-ordinateur mis à la disposition de chaque utilisateur individuel. Bien que le TX-0 soit conçu pour être au service d'une seule personne, l'équipe de Dennis réussit, semble-t-il, à installer un système de *time-sharing*.

[46] Une chronologie fine des événements est très difficile à établir pour cette période des années 1959-1961 au MIT : la mémoire des acteurs est souvent imprécise, il y a beaucoup de personnages, de machines et de projets impliqués. Ce qui est établi, c'est la concomitance des différents projets décrits ici.

support technique pour son système de *time- sharing* , le PDP-1 s'avérant beaucoup mieux adapté que le *TX-0* à ce type de système d'exploitatioin.

Dès l'arrivée du PDP-1, Jack Dennis et son équipe s'engagent donc dans un nouveau projet de *time-sharing*, tout à fait similaire à celui de BBN. Sous la houlette de l'inspirateur commun des deux projets, John McCarthy qui « partage son temps » entre le MIT et BBN, les deux équipes vont étroitement collaborer à ces deux projets parallèles.

En résumé au début 1961, existent trois projets de recherche et d'expérimentation sur les ordinateurs à temps partagé : deux sont menés au MIT (avec des équipes, sur des matériels et dans des départements différents), un troisième dans l'entreprise BBN.

Un quatrième projet va venir s'ajouter aux autres : celui de Corbato (que nous présentons plus loin).

Si l'hétérogénéité et la dispersion caractérisent les réseaux naissants de la nouvelle informatique, le *time-sharing* va faire l'objet d'une nouvelle et importante opération de traduction, menée sur plusieurs fronts à la fois : social, technique, politique, scientifique. Cette idée d'un autre système d'exploitation pour les ordinateurs va faire de nouveaux adeptes, intéresser et recruter de nouveaux alliés, et non des moindres puisqu'il s'agira cette fois de la direction du MIT. En l'espace d'un an et demi, le *time-sharing* deviendra l'un des axes privilégiés de la politique officielle de l'institut en matière d'informatique.

3.3.4.4 La direction du MIT : instigateur de la réflexion sur le time-sharing

En déroulant les fils entremêlés de l'émergence du *time-sharing*, nous donnons à voir la complexité des enchaînements des « micro » opérations de traduction de toutes sortes : traductions techniques (avec les modifications apportées aux matériels, le choix de machines adaptées, le poids des contraintes technologiques), traductions « sociales » ou humaines (avec l'incessant travail de connexion, de recrutement, de recomposition des réseaux de chercheurs), traductions organisationnelles (avec les changements « d'identité » d'entreprise induits par ces projets).

Dans le suivi de ces diverses traductions et de leurs acteurs, nous n'avons pas encore évoqué le rôle des dirigeants du MIT. Quelle est alors la position des responsables de l'institut devant cette floraison de projets informatiques ?

3.3.4.4.1 Aperçu sur l'organisation du MIT

Une brève explication préalable sur l'organigramme du MIT s'avère sans doute utile.

Au sommet de la hiérarchie figure, comme dans toutes les universités américaines, le *President*, qui est au début des années 60 Jay Julius Stratton. Le *President*, représentant l'Institut à l'extérieur, est secondé par un *Provost* (vice-président académique), qui a en charge toute la politique interne de l'université. A cette époque, le *Provost* du MIT est Charlie Townes.

Au-dessous du tandem *President-Provost* figurent dans l'organigramme les *Deans of Schools*, *i.e.* les Doyens des différentes « Ecoles ». Le *Massachussets Institute of Technology* est organisé en structures très larges, englobant plusieurs départements et correspondant à un ensemble scientifique (*School of Science*, *School of Architecture and Planning*, *School of Humanities and Social Science*, etc.)[47].

La *School* du MIT qui nous intéresse ici et qui constitue le cadre général de tous les faits évoqués jusqu'à présent est la *School of Engineering*. Fondée en 1932 par Vannevar Bush, qui la dirigera pendant plusieurs années, l'Ecole d'Ingénierie a été l'un des éléments-clés de la réorganisation générale de l'Institut, recommandée au début des années 30 par le Président d'alors, Karl Taylor Compton. Ainsi à sa création, la *School of Engineering* était la plus importante des trois Ecoles et des deux divisions du MIT et elle comprenait de nombreux départements : le *Départment of Building Engineering and Construction*, le *Department of Chemical Engineering* et notamment le *Department of Electrical Engineering*.

Ainsi que nous l'avons vu, c'est le *Department of Electrical Engineering* qui est le cadre de développement de l'informatique au MIT depuis les premiers travaux sur le *Whirlwind*[48].

Ce département comprend plusieurs laboratoires de recherche en informatique, que nous avons présentés au fur et à mesure de leur apparition dans ce récit. En 1960, trois laboratoires au moins incarnent la recherche informatique de l'institut :

- le *Research Laboratory for Electronics*, créé pendant la guerre et dont nous avons souligné le rôle déterminant dans les recherches menées sur la cybernétique, les radars ou l'ordinateur ;
- le *Computation Center*, créé en 1956 par Phil Morse et berceau du *time-sharing* ;
- *l'Electronic Systems Laboratory*, créé en 1959 et qui prend la suite du *Servomechanisms Laboratory*[49]; ce nouveau laboratoire va devenir l'un des principaux laboratoires d'enseignement du Département et il est dirigé par Doug Ross.

---

[47] On peut considérer les *Schools* comme l'équivalent de nos UFR (Unités de Formation et de Recherche).

[48] Ce n'est qu'en 1975 que le Département d'Electronique changera de nom pour s'appeler *Department of Electrical Engineering and Computer Science*.

Enfin, s'il ne faut pas oublier le Lincoln Lab*oratory*[50], ce laboratoire au statut particulier, co-géré par le MIT et l'*US Air Force*, ne peut être placé au même niveau que les trois autres.

Un personnage va gravir tous les échelons de cette hiérarchie durant les années 50 : Gordon Stanley Brown. D'abord responsable en 1939 du *Servomechanisms Lab*, alors qu'il n'est que jeune maître assistant[51], il devient vers 1955-56 directeur du *Department of Electrical Engineering*, avant d'accéder au statut de *Dean* (doyen) de la *School of Engineering* en 1959, direction qu'il occupera jusqu'en 1968. Celui qui accède ainsi à ce poste élevé de la hiérarchie du MIT est un professeur d'électronique, ayant dirigé et suivi tous les travaux importants en informatique menés depuis dix ans. Il va s'avérer être un précieux soutien pour tous les projets de *time-sharing* menés à ce moment-là. Convaincu de l'importance grandissante de l'ordinateur dans la recherche scientifique, Brown, au cours de ses responsabilités, ne cesse en effet d'encourager de diverses manières les initiatives, projets et réflexions menés dans les divers départements et laboratoires de l'Institut. Ainsi en 1959-60, Brown souhaite que tous les « *senior faculty* »[52]s'initient à l'informatique et il organise un cours spécial destiné aux enseignants, animé par Corbato et McCarthy.

Le schéma de la page suivante récapitule ces différents niveaux de hiérarchie du MIT et les principaux responsables concernés.

---

[49] Rappelons que le *Servomechanisms Laboratory* a été créé par Gordon Brown en 1939 et qu'il fut le laboratoire du *Whirlwind* (cf *supra*).

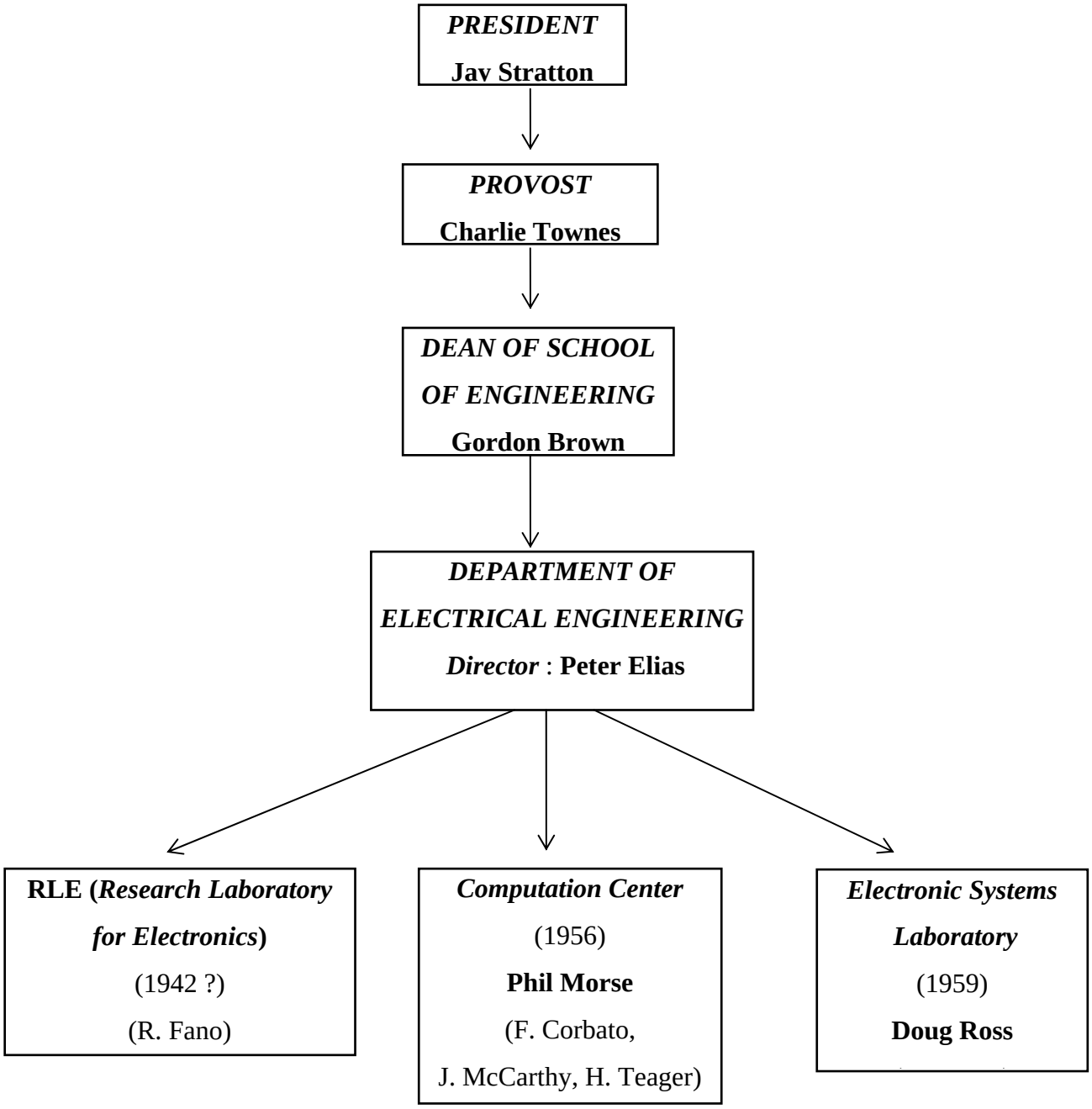
[50] Rappelons également que le Lincoln Lab a absorbé le *Digital Computer Lab* de Forrester créé en 1950 (cf *supra*).

[51] Le fait de confier la responsabilité d'un laboratoire de recherche à un maître assistant (*associate professor*), fraîchement diplômé d'un *PhD*, semble être une pratique courante au MIT à cette époque. On retrouve ici une constante de toute l'histoire de l'informatique américaine et d'ARPANET : la place capitale occupée par de jeunes chercheurs, à qui l'on donne des responsabilités parfois écrasantes.

[52] Nous n'avons pas trouvé la définition exacte des « *senior faculty members* », mais il s'agit certainement des professeurs « seniors » de l'institut.

LA RECHERCHE INFORMATIQUE AU MIT EN 1960

Organigramme simplifié et principaux acteurs



Légende :

- entre parenthèses : l'année de création du laboratoire
- en gras : le nom des responsables
- en caractère normal et entre parenthèses : membres importants des laboratoires

3.3.4.4.2 Le Comité de Recommandation de Gordon Brown

Au début de 1960 règne au MIT un climat de grande effervescence autour de l'informatique. La direction décide alors d'entreprendre une réflexion approfondie sur les besoins futurs de l'institut en matière d'équipements et de développer un plan de programmation pour une nouvelle génération de systèmes informatiques.

Pour répondre aux pressions de plusieurs chercheurs[53], les responsables du MIT mettent sur pied un comité de réflexion : le *« Comité de Recommandation »*. Créé à l'initiative de Gordon Brown, ce comité a pour mission principale d'explorer les conditions de création d'un vaste service informatique au sein de l'Institut ; il s'agit en fait d'informatiser le MIT et de rendre l'utilisation de l'ordinateur, réservée jusqu'alors au *Department of Electrical Engineering*, systématique chez tous les membres de l'institut[54].

Ce comité « de haut niveau », selon l'expression de McCarthy, est composé de trois personnes seulement : Philip Morse, Directeur du *Computation Center*, Albert Hill, Directeur du Lincoln Lab*oratory* et Robert Fano**,** éminent chercheur du MIT et théoricien de l'information plutôt qu'informaticien. Ce petit comité de réflexion stratégique, chargé de faire des « recommandations » au MIT sur la politique d'équipement et d'utilisation de l'informatique à long terme, doit donc superviser un travail de prospective et de recherche et, pour ce faire, décide la création d'un Comité technique : *« The Long Range Computation Study Group »* (Groupe d'Etude de l'Informatique à Long Terme).

La composition de ce groupe est intéressante à observer : le choix de ces informaticiens de haut niveau indique clairement la place accordée au *time-sharing* par les responsables du MIT et du Comité de réflexion, en tant qu'orientation principale du devenir de l'informatique. En effet, sur la douzaine de membres du groupe, cinq sont déjà (ou vont être rapidement) impliqués de près ou de loin dans les projets de temps partagé :

- Herb Teager, à qui est confiée la direction du groupe, et McCarthy, pionniers des premiers projets ;
- Fernando Corbato qui, devenu Directeur Associé du *Computation Center*, suit de près les travaux de McCarthy et Teager et va se lancer lui aussi dans le *time-sharing* ;
- Jack Dennis, qui commence son projet sur le PDP-1 ;

---

[53] McCarthy, dans son mémorandum, incite fortement le MIT à développer dans le *time-sharing*, tandis que le *Computation Center* incite IBM à évoluer dans cette direction.

[54] On peut voit là une nouvelle illustration de la prise de conscience extrêmement précoce de certains responsables américains de l'importance à venir de l'ordinateur.

- Marvin Minsky, dont le domaine de recherche est l'Intelligence Artificielle, qui a travaillé avec McCarthy à la mise au point du matériel nécessaire au *time-sharing* sur l'IBM 704 ;
- Douglas Ross, déjà un « vétéran » de l'informatique[55], semble être moins directement impliqué dans les travaux sur le temps partagé.
- enfin, parmi les autres membres (dont nous n'avons pas la liste complète), figure Wes Clark, qui sera le seul opposant au *time-sharing*.

3.3.5 Le time-sharing comme double objet de controverses

Les sociologues de l'approche anthropologique des sciences et des techniques ont montré toute l'importance des controverses dans les processus d'innovation. C'est surtout dans la phase d'élaboration du nouvel objet technique que plusieurs définitions vont s'opposer, exprimant les différents choix socio-techniques portés par les divers acteurs concernés par l'objet. Cette première phase est donc largement dominée par les controverses scientifiques et techniques, que l'observateur se doit de reconstituer avec précision, puisque l'innovation elle-même est le produit du règlement de ces controverses.

Dans le cas du *time-sharing*, il apparaît que la période des années 1959-1962 correspond à cette première phase du processus d'émergence, celle de la définition encore incertaine du nouvel objet. Mais la reconnaissance et le suivi des controverses suscitées par le nouvel objet ne suffisent pas ; encore faut-il, selon nous, spécifier le type de débats dont il est question. Ces controverses opposent-elles partisans et adversaires de l'innovation, ou bien traversent-elles également les acteurs du réseau concerné, *i.e.* les partisans de l'objet ? Il nous paraît en effet important de distinguer, dans l'observation du processus, les deux types de débats, car ils ne mobilisent pas les mêmes entités, n'impliquent pas les mêmes arguments et interviennent à des phases différentes du processus. Ainsi verrons-nous dans un premier temps comment et sur quoi le réseau embryonnaire exprimant le *time-sharing* va se diviser, la controverse « interne » » induisant une nouvelle reconfiguration du réseau. Dans un second temps, nous tâcherons d'identifier et d'expliquer les signes de la controverse « externe », sans doute la plus frappante, qui opposera pendant plusieurs années partisans et adversaires du *time-sharing*.

---

[55] Doug Ross a dirigé dans son laboratoire du MIT plusieurs projets importants, menés conjointement par le MIT et l'Armée de l'Air et étroitement liés au *Whirlwind.* Il a également participé à l'élaboration des premiers langages et systèmes précurseurs des systèmes modernes de CAD (*Computer-Aided Design* ou Conception Assistée par Ordinateur).

3.3.5.1 Les controverses internes : désaccords et divisions d'un réseau fragile

C'est au sein de ce comité technique créé en 1960 au MIT, *The Long Range Computation Study Group*, que vont surgir et se cristalliser les divisions du réseau émergent du *time-sharing*.
Essayons de reconstituer le suivi de cette controverse interne[56].

3.3.5.1.1 Le clivage entre Teager et les autres membres du groupe

Dans le « Comité de Recommandation » (appelé le « comité de haut niveau »), le *time-sharing* n'est pour les trois membres de ce comité qu'une option parmi d'autres. En revanche, pour l'écrasante majorité des gens du comité technique (le *Long Range Computation Study Group),* c'est le seul choix possible pour la réalisation de tout projet d'informatisation du MIT. Sur ce point essentiel, le consensus est total parmi les membres du Comité, tous, hormis Wes Clark sur lequel nous reviendrons, étant de fervents adeptes et des pionniers du *time-sharing*.
La question controversée sera celle des modalités de réalisation du projet de *time-sharing* et deux positions vont s'opposer dès la première réunion du comité :
- celle de Herb Teager, *Chairman* du Comité et partisan d'acheter une machine existante ;
- celle de McCarthy, qui entraîne avec lui le reste du comité et propose de faire construire un nouveau modèle de machine, soit au MIT, soit par contrat avec une entreprise.
Dans les deux cas de figure, une hypothèse commune est partagée : le programme de cette machine devra être écrit par les gens du MIT.
Après cette réunion, le *Chairman* Herb Teager se retrouve assez isolé mais décide néanmoins d'écrire un premier rapport technique pour justifier ses propositions.
Au cours de la deuxième réunion (probablement vers la fin 1960), Teager propose au Comité son avant-projet : « *Teager's recommendation for an IBM 7030* », dans lequel il recommande au MIT d'acquérir un ordinateur très puissant. Pour lui :

> *« le MIT devrait, dans un délai de deux à trois ans, obtenir un ordinateur de très grande capacité, développer des possibilités d'entrées-sorties à distance en temps partagé, en les complétant par des*

---

[56] Nous nous sommes basés pour cette description sur les témoignages des quatre personnes suivantes, membres de ce comité technique : McCarthy, Jack Dennis, Wes Clark et surtout Fernando Corbato, qui décrit avec le plus de précision le déroulement de cette controverse. Nous n'avons pas pu disposer, malheureusement, du témoignage de Herb Teager, l'un des principaux protagonistes. Voir notamment F. CORBATO, *Interview by Arthur L. Norberg, art. cit.*, p. 9-10 ; J. McCARTHY, *Interview by William Aspray. 2 March 1989. Palo Alto, CA*, Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989 ; W. CLARK, *Interview by Judy E. O'Neill. 3 May 1990, art. cit.*, p. 7 ; J. DENNIS, *Interview by Judy E. O'Neill. 31 October 1989, art. cit.*, p. 7.

capacités d'affichage et d'entrée graphique, et commencer un sérieux effort pour développer des langages de programmation avancés, orientés-utilisateur pour ce système »[57].

Selon Teager, l'ordinateur répondant le mieux à ces critères est le tout nouveau *IBM 7030*, baptisé *Stretch*, même s'il reconnaît qu'il ne peut obtenir toutes les informations nécessaires concernant les possibilités de cette nouvelle machine. Le *Stretc.h* est alors en construction chez IBM et s'annonce comme l'un des ordinateurs les plus puissants du moment[58]. Lors de cette réunion (à laquelle n'assiste pas Corbato), le rapport de Teager est discuté sans agressivité mais avec minutie par les autres membres du comité, qui le décortiquent point par point, ligne par ligne et proposent à Teager d'innombrables modifications, changeant la nature même de son projet. Teager, contesté et isolé face aux autres membres, ressortira en colère de cette réunion et annoncera par courrier à Corbato qu'il laisse tomber le comité, car il n'accepte pas les critiques qui lui sont faites. L'une des raisons de son abandon, selon l'appréciation de Corbato, serait son caractère « dogmatique », rigide, lui faisant refuser toutes les remarques de ses collègues.

Sur le fond, Teager a sans doute des vues élargies et plutôt avancées sur le *time-sharing* mais ses idées, jugées « *ambitieuses mais imprécises* » sont rejetées. Après son départ, le comité est placé sous la direction de J. McCarthy.

Ainsi le conflit porte, non sur l'objectif, mais sur la nature des moyens nécessaires ; le plan de recherche proposé par Teager paraît irréalisable et trop cher pour les autres, qui préfèrent la « solution intérimaire » proposée par Corbato. La majorité du Comité remettra ainsi ses conclusions dans un autre rapport, signé de tous sauf de Herb Teager et de Wes Clark.

Si les raisons de la division du comité sont de nature essentiellement « technique », comme c'est le cas dans la plupart des controverses entre les acteurs d'une même innovation, l'on ne saurait sous-estimer la part du facteur personnel dans la déchirure du petit réseau de chercheurs[59]. Pour Corbato, tous ces problèmes techniques sont aggravés du propre fait de Teager, personnage jugé « têtu » et travaillant peu en équipe.

3.3.5.1.2 Le deuxième rapport majoritaire du « Long Range... Group » et son devenir incertain

---

[57] J. LEE, J. LICKLIDER, J. McCARTHY, The Beginnings at MIT, *art. cit.*, p. 25

[58] Sur l'histoire du *Stretc.h*, voir MOREAU, *op. cit.*, p. 101-104, et BRETON, *op. cit.*, p. 133

[59] Il est frappant de constater dans les interviews des acteurs que le temps n'a pas atténué la sévérité de certains jugements, comme le montre le regard assez critique de Corbato et McCarthy sur Teager. Le « dogmatisme » et l'incapacité à travailler en équipe de ce dernier sont des leitmotive, qui expliquent, selon eux, la division du comité : « *son projet de time-sharing sur le 704 comportait plusieurs défauts* », « *il voulait faire tout la partie logicielle lui-même, avec son équipe* », « *il voulait renoncer à tous les modules logiciels existants* » *et voulait concevoir ses propres langages,* « *il était obligé de concevoir également son propre matériel, pour pouvoir connecter ses machines à écrire* ».

En désaccord partiel avec les vues de Teager, la majorité des membres du Comité publie donc un second rapport, le « *Long Range Computation Study Group's recommendation for a time-sharing system* », remis en avril 1961 à Albert Hill.

Partageant les mêmes objectifs que Teager, *i.e.* le développement du *time-sharing* au MIT à partir d'un ordinateur central très puissant et accessible à distance par des terminaux, la majorité du « *Long Range Computation Study Group* » se sépare de Teager sur les moyens d'arriver à cette solution. Selon les auteurs du deuxième rapport, dit « rapport majoritaire », l'alternative est alors la suivante :

- ou bien l'acquisition (par achat ou location) d'un matériel déjà existant sur le marché, comme le *Stretch*, auquel il faudrait apporter quelques modifications et équipements de *time-sharing*. Cette solution fondée sur le *Stretch* est évaluée à un coût se situant entre 20 et 25 millions de dollars, essentiellement composé du coût de la mémoire. C'ést la solution préconisée par Teager.
- ou bien la construction par une entreprise informatique d'un ordinateur répondant aux spécifications du MIT (du sur-mesure en quelque sorte). La majorité des membres du comité, favorables à cette deuxième solution, ne peut néanmoins chiffrer le coût d'un tel système et propose au MIT de lancer une procédure d'appel d'offres, sur la base de laquelle le MIT pourrait solliciter une subvention du Gouvernement.

Ce rapport majoritaire du « *Long Range Computation Study Group* » est accueilli favorablement par la direction du MIT et la solution préconisée est adoptée.

Mais l'administration du MIT ne poursuivra pas la mise en oeuvre du projet et l'appel d'offres ne verra jamais le jour. Deux raisons peuvent expliquer cet étonnant blocage :

- d'une part, les estimations du coût global du projet paraissent très élevées, d'où une certaine réticence de la direction du MIT à se lancer dans ce projet ;
- d'autre part, l'attitude ambiguë d'IBM.

En effet, IBM rencontre Stratton, le Président du MIT, pour s'étonner du blocage de l'appel d'offres, en affirmant qu'elle pourrait satisfaire les besoins du MIT à un coût réduit, voire nul. Mais :

> *« malheureusement, la conception du 360 prit plus de temps que ne l'avait prévu la direction d'IBM, et tout au long de cette période, les relations entre le MIT et IBM étaient devenues très tendues, à cause du procès pour le brevet sur l'invention de la mémoire à tore de ferrite. »*[60].

IBM essaye donc de gagner du temps et recontacte McCarthy pour lui proposer de faire une nouvelle étude sur ce projet de *time-sharing*. Celui-ci refuse et, passablement déçu de tous ces retards, quitte le MIT pour Stanford.

---

[60] J. McCARTHY, *Reminiscences on the History of Time-Sharing*, [En ligne], Stanford University, 1996, p. 3

Ainsi s'entremêlent, autour de « l'objet *time-sharing* », relations internes et externes au MIT, marquées par différentes controverses, conflits de personnes, conflits d'intérêts, questions financières, diversité de choix techniques : l'innovation n'a rien d'un fleuve tranquille et, en 1961, la situation du *time-sharing* paraît pour le moins confuse. Pour résumer ces controverses internes au MIT, on observe qu'elles ont été à plusieurs niveaux :

- d'abord la division du comité technique, aboutissant à l'isolement de Teager, qui va désormais poursuivre presque seul son projet de *time-sharing* commencé au *Computation Center* sur l'IBM 7090 ;
- puis les réticences de la direction et les déconvenues de l'appel d'offres avec IBM, qui vont provoquer la paralysie du projet majoritaire du Comité ;
- la multiplication des projets : Dennis, Teager, Corbato (cf plus loin) ;
- enfin le départ de l'un des pilliers du *time-sharing*, McCarthy.

3.3.5.2 Les controverses externes : quels adversaires du time-sharing ?

Pour séduisante qu'elle paraisse, avec son objectif de partage de l'accès à l'ordinateur, l'idée de *time-sharing* est pourtant loin de faire l'unanimité derrière elle. Cette notion est même très minoritaire au début et se heurte à de nombreux adversaires, à l'intérieur comme à l'extérieur du MIT.

Dans l'histoire courante de l'émergence de ce nouveau modèle d'ordinateur, les multiples oppositions et les obstacles qui ont du être franchis sont souvent laissés dans l'ombre, accréditant l'illusion que l'innovation, toujours bonne en soi, n'a pu que l'emporter par sa seule « positivité ».

Au début des années 60, alors que le *time-sharing* n'en est encore qu'à ses balbutiements, quelles sont les « forces » qu'il faudra arriver à convaincre ou neutraliser ? Et quelles sont les principales réserves qui sont lui faites ?

3.3.5.2.1 L'opposition « batch processing » / « *time-sharing* » : un clivage dans l'informatique américaine

La controverse principale qui oppose partisans et adversaires de ce nouveau système recouvre essentiellement le clivage technique originel entre les deux types de système d'exploitation concurrents : *batch processing* et *time-sharing*.

Rappelons que la quasi-totalité des machines d'alors fonctionnent sur le mode du traitement par lots et que ce système pose moins de problèmes dans les entreprises, qui disposent de ressources informatiques abondantes. Les constructeurs d'ordinateurs de l'époque, IBM en tête, ne ressentent donc pas les limites du traitement par lots avec la même acuité que les universités. Par ailleurs, la concurrence encore limitée, l'étroitesse du marché, la domination sans partage de « l'informatique lourde », les limites du matériel, autrement dit les caractéristiques structurelles de l'informatique de la fin des années 50 semblent plaider pour une évolution plus progressive, voire le maintien prolongé du système du traitement par lots.

Même si l'informatique est l'un des secteurs qui a connu, depuis sa naissance, les développements et les innovations les plus rapides et les plus ininterrompues, elle reste partagée par des lignes de force contradictoires, par les tensions habituelles entre l'innovation et l'inertie, entre les esprits pionniers et inventifs et les tenants de la stabilité. Cette dimension psychologique est aussi à prendre en compte dans les processus d'innovation, même s'il ne s'agit pas de revenir aux bonnes vieilles explications sur les « inventeurs de génie ».

Dans le cas du *time-sharing* comme plus tard d'ARPANET, il a fallu néanmoins une combinaison d'intérêts socio-économiques, d'intuitions théoriques et de forces de conviction, pour surmonter les nombreuses « résistances à l'innovation. »

Si la majorité des entreprises semblent hostiles ou simplement réticentes au *time-sharing*, la situation est cependant loin d'être uniforme au début des années 60. Quelques entreprises, parmi les plus récentes comme DEC ou BBN (si l'on considère son arrivée sur le marché de l'informatique), vont devenir des fers-de-lance des systèmes à temps partagé. D'autres, plus importantes, comme *General Electric*, se montreront très réceptives aux projets des chercheurs du MIT. Par ailleurs, à l'intérieur des entreprises hostiles, existent des chercheurs favorables au temps partagé[61], qui deviendront de précieux « alliés » pour les tenants de l'informatique interactive.

Mais les adversaires du temps partagé sont cependant les plus nombreux et peut-être les plus forts si l'on considère l'exemple d'IBM ou de SDC.

3.3.5.2.1.1 Les réticences d'IBM et les rapports compliqués entre le MIT et « Big Blue »

[61] Comme Nat Rochester chez IBM, qui jouera un rôle important dans le soutien au *Project MAC* (cf plus loin).

Parmi les principaux « adversaires » du *time-sharing*, à la charnière des années 50-60, figure donc IBM. Nous mettons des guillemets à adversaire car il serait réducteur de durcir les oppositions et de cantonner IBM dans le rôle de l'opposant déterminé.

De fait, l'évocation des premiers pas du *time-sharing* a montré le caractère paradoxal, compliqué et conflictuel des relations d'IBM avec ce type de système d'exploitation :

- d'une part, les premiers systèmes de temps partagé au MIT se créent sur des machines IBM et avec l'accord de la firme[62];
- mais d'autre part, la firme manifeste dès le début une assez forte réticence vis-à-vis de ces systèmes et une préférence marquée et durable pour le *batch processing*.

Autrement dit, si IBM accepte, bon gré mal gré, de voir ses machines transformées en ordinateurs à temps partagé, il n'est pas question pour elle de construire ce type d'ordinateurs et ce, pendant plusieurs années.

Corbato livre de précieuses indications sur les raisons de cette attitude. Il explique, par exemple, qu'au début des années 60, les responsables d'IBM prennent conscience qu'ils ont trop de machines différentes, dédiées à des applications spécifiques et que cette diversité et cette incompatibilité de leurs matériels commençent à leur revenir cher.

Les dirigeants d'IBM sont alors convaincus de la nécessité de s'engager dans la construction d'une seule classe de machine, susceptible d'être universelle dans ses applications : ce sera le début des travaux sur l'IBM 360. Ainsi la firme semble se rallier aux conceptions de certains chercheurs du MIT (dont Corbato) sur la nécessité de machines universelles.

Mais, lors de l'annonce de la construction du 360, le 7 avril 1964, IBM indique que ce nouvel ordinateur tournera en *batch processing*, au grand dépit de Corbato et des tenants du *time-sharing*, partenaires privilégiés d'IBM malgré tout.

Pourtant en 1964, le *time-sharing* aura commencé à se répandre dans plusieurs universités, comme nous le verrons.

Même à cette époque, IBM paraît toujours imperméable aux avis, conseils et critiques formulés de toutes parts et ne dévie pas de sa route ; la priorité est donnée aux fabricants et aux informaticiens, au détriment des utilisateurs[63].

---

[62] Cf les travaux de McCarthy sur l'IBM 704, de Teager sur le 709 et le 7090, de Corbato sur le 7090.

[63] Il y aurait de longs et intéressants développements à faire, mais hors de notre propos, sur la position d'IBM face au *time-sharing*, en la mettant en perspective avec l'opposition quasi-constante de « Big Blue » aux innovations allant dans le sens d'une plus grande autonomie des utilisateurs (cf l'opposition IBM / Apple dans les années 70). Nous retrouverons une nouvelle illustration de ce « conservatisme technique » d'IBM lors de la naissance d'ARPANET.

Comment s'explique cette attitude rigide, face aux évolutions, paraissant irréversibles, des systèmes d'exploitation ? Corbato avance l'idée que la question de la construction des machines est alors une question réglée pour IBM.[64] Et il nous donne ici une illustration concrète de cette notion capitale, à la base des processus d'innovation : la notion de « problème » (technique ou autre), au sens donné par Thomas Hughes de « goulot d'étranglement » de la recherche. La construction des machines, ou du moins l'architecture logicielle, le système d'exploitation de celles-ci, n'est pas (ou plus) un « problème », c'est-à-dire une question ouverte (« *an open question* ») pour IBM, comme l'indique Corbato[65]. De là la réticence, l'inertie et le freinage constant de « Big Blue » devant ces « illuminés » du *time-sharing* que sont alors les chercheurs du MIT.

Corbato va plus loin dans l'explication et suggère que l'une des causes de cette « fermeture » provient peut-être de l'organisation interne d'IBM : les laboratoires de recherche d'IBM sont surtout peuplés de brillants physiciens, mais de très peu d'ingénieurs systèmes de renom. Ensuite les gens des laboratoires de recherche qui travaillent dans le domaine logiciel, *« travaillent surtout sur les franges des problèmes, pas sur la partie centrale...* ».

Enfin, « *l'exploration et l'expérimentation de différentes sortes de conceptions de machines n'étaient pas faites dans les labos de recherche mais dans le centre de développement et de production, à Poughkeepsie*. »[66].

On retrouve cette notion capitale de la définition du « front » de la recherche : qu'est-ce qui est central, qu'est-ce qui est marginal ? Nous sommes peut-être là au coeur de la controverse sur le *time-sharing* et, incidemment, des processus d'innovation : la modification du système d'exploitation des ordinateurs est un problème pour un petit groupe de chercheurs, elle ne l'est pas, pour diverses raisons, aux yeux de la majorité des acteurs du domaine.

Et Corbato reconnaît qu'il a dû, avec son équipe, se battre pour « intéresser » et détourner cette majorité de collègues (« *So that was what we were fighting, and we were having a very hard time getting people's attention*. »), donnant une illustration concrète de la notion « d'intéressement » de Latour-Callon.

---

[64] Nous citons Corbato : « *The experimentation and exploration of different kinds of designs was not done in research.* ***They did not recognize that it was an open question*** *; they thought* ***it was a closed question*** *of how to build machines* » (c'est nous qui soulignons). F. CORBATO, *Interview by Arthur L. Norberg. 18 April 1989, 14 November 1990, art. cit.*, p. 13

[65] Les principaux efforts de recherche menés chez IBM portent alors sur d'autres domaines, comme les langages de programmation par exemple (le FORTRAN est l'un des grands succès de la firme à cette époque).

[66] F. CORBATO, *Interview by Arthur L. Norberg. 18 April 1989, 14 November 1990, art. cit.*, p. 13

Pour être complet, il faut aussi évoquer les relations compliquées entre les deux « macro-acteurs » de la recherche informatique : le MIT et IBM. Relations de partenariat et de coopération, mais aussi de conflit sur les questions « d'attribution » des inventions. Ainsi a-t-on évoqué, dans l'échec du projet de *time-sharing* (proposé par la majorité du comité technique du MIT), la tension des relations existant vers 1961-62 entre le MIT et IBM, qui se disputent devant les tribunaux le brevet sur l'invention de la mémoire à tore de ferrite. Ce conflit explique également l'attitude d'atermoiements d'IBM sur le projet d'appel d'offres du MIT.

En résumé, sans se montrer radicalement opposée au *time-sharing*, la position d'IBM restera longtemps dominée par l'une des formes de « résistance technique » les plus efficaces, celle de la force d'inertie.

3.3.5.2.1.2 L'indifférence ou l'ignorance de SDC et du Pentagone

Outre IBM, quels sont les autres acteurs de l'informatique, adversaires du *time-sharing* ?
Il faut citer ici l'exemple d'une entreprise très impliquée dans les contrats de recherche avec le Pentagone : la SDC (*System Development Corporation*). Créée en 1957 par la RAND Corporation dans le cadre du projet SAGE, SDC est à l'origine une entreprise de formation de programmeurs, devant travailler pour le compte du Pentagone à la mise en place de SAGE.

Les travaux de SDC sont alors fondés sur le *batch processing*, ce qui suscitera un conflit avec Licklider lorsque celui-ci sera responsable de l'ARPA/IPTO. Nous reviendrons sur cette entreprise et sur sa position dans la controverse sur le *time-sharing*, lors de l'évocation du rôle de Licklider à l'ARPA.

Quant au Pentagone, principal commanditaire de la recherche informatique, la situation y paraît plutôt contrastée. Du côté des principales agences de recherche, comme l'AFOSR (de *l'US Air Force*) ou l'ONR (*Navy*), les tenants du *time-sharing* vont trouver une aide précieuse pour leurs recherches. Ainsi *l'US Air Force* manifestera-t-elle un soutien total aux projets développés au MIT, souhaitant même, selon Robert Fano, « *que la communauté entière des informaticiens soit impliquée dans le time-sharing* ». De même l'ONR jouera-t-elle un rôle important dans le démarrage du *Project MAC*, comme nous le verrons.

En revanche, dans les autres sphères du Pentagone et y compris à l'ARPA (jusqu'à l'arrivée de Licklider), la tendance dominante, au début des années 60, est plutôt au *batch processing*.

Mais sans doute faut-il voir dans l'attitude des responsables du Pentagone ou de l'ARPA une manifestation de conservatisme technique, puisque la plupart des administrateurs, qui ne sont ni des chercheurs ni des ingénieurs en informatique, se contentent de « suivre » les acteurs du domaine, comme IBM, SDC ou la RAND.

Il faudra tout le travail « d'intéressement » et de détournement, toute la force de conviction et tout l'enthousiasme des adeptes du *time-sharing*, au premier rang desquels figure Licklider, pour faire évoluer les positions des uns et des autres.

3.3.5.2.2 Les dissenssions au sein du MIT

Enfin il faut nuancer notre tableau du *time-sharing* au MIT, qui a pu laisser croire que l'ensemble de l'institut se tenait derrière le petit groupe de pionniers. S'il est incontestablement le bastion et le tremplin du *time-sharing* au début des années 60, le MIT reste cependant très divisé. Les partisans des ordinateurs à temps partagé doivent affronter de fortes résistances parmi leurs collègues, notamment au sein du *Department of Electrical Engineering* et du Lincoln Laboratory.

Mais ces oppositions ne recouvrent pas exactement celles d'IBM ou des autres entreprises.

Les acteurs, leurs intérêts et leurs positions ne sont pas les mêmes et, là encore, une observation précise est nécessaire pour sortir des dichotomies trop faciles, opposant « pionniers » et « conservateurs ».

Au sein du MIT, les controverses se déroulent d'abord entre chercheurs, partageant les mêmes buts et les mêmes intérêts (à la différence des relations entre IBM et le MIT). Elles portent donc plutôt sur les contenus scientifiques ou techniques du *time-sharing*. Et l'on sait que les controverses entre « pairs » en sont d'autant plus vives.

Ainsi Jack Dennis, lorsqu'il travaille sur son projet de transformation du PDP-1 en ordinateur à temps partagé, se heurte-t-il, selon McCarthy, à une violente opposition de plusieurs chercheurs du *Department of Electrical Engineering*, notamment des laboratoires d'Intelligence Artificielle.

Ce qui paraît étonnant lorsque l'on connaît la position en pointe de McCarthy, ainsi que celle de Marvin Minsky, deux futurs grands noms du domaine de l'IA. De nombreux chercheurs, dotés alors d'un PDP-6, ne veulent pas entendre parler de partage des ressources, menacent même de détruire leur machine si l'on y touche et parlent, pour désigner ironiquement leur machine, d'ITS : *Incompatible Time-Sharing*, en opposition au système élaboré par Corbato, qui s'appele CTSS (*Compatible Time-Sharing System*).

Lors de la création d'ARPANET, on retrouvera ces crispations de chercheurs, refusant nettement de partager leur machine et leurs ressources. Sans tomber dans le manichéisme scientifique, en opposant les « bons » chercheurs aux « égoïstes qui ne veulent pas partager », il est néanmoins évident que les projets de *time-sharing* de l'époque impliquent des changements d'habitude, des remises en cause de situations acquises. Il est dès lors assez normal qu'ils se heurtent à des réactions hostiles[67].

Robert Fano, autre acteur-clé de ce nouveau modèle d'ordinateur, signale également l'attitude plutôt réservée, voire hostile, de la majorité des chercheurs de l'époque face au temps partagé.

Il note ainsi, pour souligner le scepticisme général, que « *beaucoup de gens à l'époque considéraient que le time-sharing était bon pour les oiseaux...* » et que « *l'interaction homme-machine était considérée comme un gaspillage du temps de l'ordinateur* ». Il se rappelle également les oppositions parfois excessives de certains, comme ce chercheur des Bell Laboratories, un certain Hamming, lui disant « *qu'il était criminel pour quiconque de programmer en ligne* » [68]

Selon Fano, cette attitude de méfiance (que l'on retrouvera plus tard devant la mise en réseaux) est donc majoritaire chez les informaticiens et partagée notamment par quelques grands noms de l'informatique, comme Jay Forrester ou Wesley Clark.

La position de ce dernier est très intéressante à relever, car Wes Clark, dont on a vu le rôle pionnier dans le *Whirlwind* et les TX-0 et TX-2, se définit lui-même comme « *l'un des plus vieux opposants (au time-sharing) , continuellement hésitant dans cette affaire.* »[69]. Dans son témoignage, Wes Clark explique ainsi qu'il a toujours été très réservé et très critique sur le *time-sharing*, critiquant surtout le coût élevé de ce type de machines et non l'objectif, qu'il trouve séduisant (« *The access part was a great idea* », reconnaît-il). Mais selon lui, « *l'idée de time-sharing est devenue un peu confuse* » et le modèle retenu de partage du temps (le découpage du temps d'accès en petits morceaux, attribués à tour de rôle à chaque utilisateur) lui semble très lourd à gérer, coûteux en ressources et finalement inégalitaire. L'opposition de Wes Clark au *time-sharing* est sans doute l'une des plus argumentée et des plus constante, du moins parmi celles qu'il nous a été possible de connaître[70].

---

[67] Notons cependant que Jack Dennis ne mentionne pas ou peu ces conflits avec ses collègues, soulignés en revanche par McCarthy.

[68] R. FANO,*Interview by Arthur L. Norberg. 20 April 1989. Cambridge, Mass,* Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989, p. 9

[69] W. CLARK, *Interview by Judy E. O'Neill. 3 May 1990. New York, NY., art.cit.*, p. 4

[70] L'un des signes de l'opposition de Wesley Clark au *time-sharing* sera son refus de l'idée d'Ed Fredkin d'implanter un système de *time-sharing* sur le TX-2, conçu pour une poignée d'utilisateurs. Par ailleurs, membre du *Long Range Computation Study Group,* il se solidarisera d'Herb Teager, en refusant de signer avec lui le rapport majoritaire de ses collègues du comité.

Pour conclure sur les controverses qui entourent le *time-sharing*, on pourrait s'interroger sur les conditions de son succès final au milieu des années 60, dont ARPANET sera une sorte de consécration. Comment cette notion et le modèle d'ordinateur dont elle est porteuse, ont-ils réussi à vaincre les innombrables forces qui leur font face, allant de la simple force d'inertie du conservatisme aux oppositions les plus farouches ? L'ouverture ou l'entrebaillement de la « boîte noire » du *time-sharing*, lors de son émergence au tout début des années 60, confirme, s'il en était besoin, que l'innovation technique ne va pas de soi.

3.3.6 1961-1962 : réalités et potentialités du *time-sharing*

Comment se présente la situation en 1961-62 ?

Nous avons montré la naissance de plusieurs « problématisations », au sens donné par la sociologie de la traduction de « construction hypothétique d'un monde », comme celles de Teager, McCarthy, Dennis, BBN, du *Long Range Computation Study Group.*

Les problématisations, qui correspondent aux opérations de définition, de délimitation, de projection d'une nouvelle réalité encore en germe, sont engagées par différents acteurs et s'identifient à eux. Parler de problématisation revient à parler d'un acteur et à décrire « l'articulation socio-logique » qu'il tente de former.

Dans l'exemple du *time-sharing*, il nous semble que la situation, dans ces années 61-62, correspond à cette première étape d'un processus de traduction, celle de l'émergence de plusieurs articulations socio-logiques, embryons de réseaux socio-techniques, reliant des acteurs et des intermédiaires humains et non-humains. La notion d'articulation socio-logique, que chaque acteur tente de constituer lors de sa problématisation, indique que les contextes techniques, cognitifs et sociaux sont indissociables.

Ainsi à cette époque chacun des protagonistes donne sa propre définition du temps partagé ou se réfère à des définitions plus collectives : nous avons vu ainsi les dissonnances entre Teager et les autres. Ces définitions d'un nouveau système d'exploitation ne sont pas de pure rhétorique, elles ne se limitent pas à des textes techniques et scientifiques, même si elles s'appuient sur ces traces, comme nous l'avons noté avec les deux rapports du *Long Range Computation*. Les définitions variables du *time-sharing* s'articulent également à des artefacts spécifiques et se nourrissent de différents « discours » (ou ensembles d'énoncés), qui viendront à leur tour modifier les

définitions initiales. L'hybridité de l'innovation technique se tient là, dans ce mixte de textes, d'objets techniques, de discours, d'acteurs humains, d'intérêts, etc..

Pour caractériser cette situation encore incertaine dans laquelle se trouve le *time-sharing* en 61-62, nous évoquerons les trois dimensions suivantes, présentées séparément pour les besoins de l'exposé mais enchevêtrées dans la réalité :

- où en sont les artefacts et les projets « techniques » ?
- quels sont les acteurs humains ou organisationnels, incarnant le *time-sharing* ?
- quels sont les textes ou les « discours » sur lesquels s'appuie ce mouvement d'innovation ?

3.3.6.1 Des réalisations techniques inégales et séparées

Les années 61-62, au plan de l'actualité technique du *time-sharing* sont dominées par quatre projets en cours :

- celui de BBN, mené sur un PDP-1 ;
- celui de Teager, mené sur l'IBM 7090 ;
- celui de Jack Dennis, mené également sur un PDP-1 ;
- enfin le projet CTSS de Fernando Corbato.

3.3.6.1.1 Le projet CTSS de Corbato : premier projet « compatible »

Le jeune chercheur devenu vers 1960 Directeur Associé (*associate director*) du *Computation Center* aux côtés de Phil Morse, est déjà l'un des piliers de l'informatique au MIT[71]. Il est surtout l'un des plus fervents partisans des ordinateurs à temps partagé.

Membre actif et important du *Long Range Computation Study Group*, il devient l'un des principaux animateurs avec McCarthy du « Rapport majoritaire » et l'inspirateur de la « solution intérimaire » (appelée ainsi pour la distinguer de celle de Teager, jugée « grandiose »), préconisée par la majorité du comité. Et dès le printemps 61, sans attendre les résultats de la démarche auprès de la direction du MIT, Corbato commence les travaux de conception et d'élaboration d'un nouveau système de *time-sharing*, selon les plans de cette « solution intérimaire ».

Corbato travaille alors avec un couple de programmeurs, Marjorie Daggett et Bob Daley, à la conception de ce prototype de *time-sharing*, jugé « très primitif ». En novembre de la même année, lors d'un séminaire, ils font la première démonstration d'un prototype rudimentaire, fonctionnant sur l'IBM 709, auquel sont connectés quatre *Flexowriter*. Le *CTSS (Compatible*

[71] Alors âgé d'environ trente ans, Corbato est présent au *Computation Center* depuis sa création en 1957 et a commencé sa carrière sur le *Whirlwind* vers 1952-53.

Time-sharing System) est né et va devenir le premier véritable « projet de temps partagé », celui que l'histoire retiendra[72].

Au printemps 1962, l'équipe de Corbato procède à l'implantation du système CTSS sur l'IBM 7090, qui vient d'être fourni au *Computation Center*[73]. Notons que Corbato travaille, pendant plusieurs mois, sur le même ordinateur que celui de Teager : l'IBM 709, puis le 7090. Ces machines n'étant pas prévues pour cet usage, le système de Corbato est appelé « Compatible » car il doit être compatible avec les différentes machines disponibles au MIT.

L'arrivée de l'IBM 7090 va être l'élément technique déterminant pour l'essor du projet CTSS. En effet, selon les explications de Corbato, le système de temps partagé qu'il a conçu avec son équipe ne pouvait pas fonctionner correctement sur l'IBM 709, l'une des dernière machine à tubes. L'on retrouve ici le constat technique entrevu également par McCarthy et Teager : le *time-sharing* nécessite des ordinateurs à transistors, beaucoup plus puissants et fiables que les machines à tubes à vide.

A partir du printemps 1962, Corbato, Marjorie Daggett et Bob Daley peuvent donc enfin résoudre les nombreux problèmes techniques rencontrés jusqu'ici sur l'IBM 709[74].

CTSS n'est encore, à cette époque, qu'un prototype de *time-sharing*, qui commence à être connu au-delà du MIT, notamment grâce aux démonstrations et interventions de Corbato. En tant que chef de projet, Corbato déploie son activité sur tous les fronts : technique, « politique », social. Il présente ainsi le projet CTSS, au nom de son équipe, lors de la *Spring Joint Computer Conference* du début mai 1962.

Il faut enfin noter que les travaux de Corbato sur le système de gestion des interruptions sont de sa seule inspiration : ils n'ont rien à voir avec les conceptions de McCarthy, ni avec celles de Teager. Nous avons donc affaire ici à une nouvelle « problématisation », une nouvelle définition du *time-sharing*, différente des autres. Ainsi, si le projet de Corbato vise d'emblée la « compatibilité » avec les autres machines, ce qui assurera sans aucun doute son succès, le projet de Teager, lui, est incompatible avec d'autres systèmes, ce qui explique peut-être son échec, comme nous le verrons plus loin.

---

[72] CTSS est généralement cité comme le premier projet de *time-sharing*. Voir notamment R. MOREAU, *Ainsi naquit l'informatique, op. cit.*

[73] Rappelons que l'IBM 7090 est le premier ordinateur à transistors, très fiable et très puissant (cf *supra*).

[74] CTSS est un système résidant en mémoire principale de l'ordinateur, fonctionnant schématiquement de la manière suivante :
- lors d'une demande d'exécution d'un travail, le programme correspondant, stocké en mémoire secondaire, est recherché par le système ;
- le processeur exécute le programme, envoie les résultats au terminal et renvoie le programme dans la mémoire secondaire ;
- le système est prêt pour une autre demande, venant d'un autre terminal.

3.3.6.1.1.1 La triple importance de CTSS

CTSS va connaître un certain succès au MIT et revêt une grande importance dans l'histoire du temps partagé pour trois raisons « socio-techniques », étroitement liées :

- **l'interactivité :** CTSS est l'un des tout premiers systèmes informatiques dits « conversationnels » et « interactifs » (conversationnel par la succession de questions et de réponses entre l'ordinateur et le programmeur, interactif par la possibilité d'agir sur le traitement pendant l'exécution du programme). En dépit des imperfections de son prototype[75], Corbato parvient à montrer la faisabilité d'un système de *time-sharing* et réussira à convaincre les sceptiques : le fait de taper une question et d'avoir une réponse immédiate de l'ordinateur suscite en effet un très vif intérêt. La démonstration concrète d'un terminal interactif surmonte les résistances ou les méfiances des chercheurs, majoritairement réservés devant les « discours » sur l'informatique interactive.

- **l'accès collectif :** CTSS est le premier système de *time-sharing* utilisé par des utilisateurs nombreux et, surtout, différents des concepteurs. En l'occurrence, le CTSS est utilisé pour les travaux des étudiants du MIT et permet à plusieurs étudiants d'exécuter simultanément des travaux. CTSS est un système ouvert, offrant la possibilité à différents utilisateurs de différentes disciplines ou travaillant sur différents thèmes de recherche, de créer des sous-systèmes d'application. Et dans sa version finale, il offrira des possibilités très larges d'enregistrement, d'édition, de mise au point des programmes. Ce sont donc les applications « sociales » ou socio-techniques de CTSS, permettant le développement de l'interaction et de l'interactivité entre les chercheurs, qui expliquent le succès du *time-sharing*.
- **le support socio-technique du *Project MAC*** : le CTSS de Corbato annonce et prépare le projet de *time-sharing* à grande échelle, qui sera mené au MIT à partir de 1963, le *Project MAC* (que nous présentons plus loin). Les deux projets sont indissociables : ils mobilisent les mêmes réseaux d'acteurs et d'actants et sont interconnectés par de multiples chaînes de traduction.

3.3.6.1.2 L'échec de Teager et le succès de Corbato

L'évocation du CTSS nous a montré que deux projets concurrents de *time-sharing* sont conduits en même temps au sein du *Computation Center* - celui de Teager et celui de Corbato -, deux projets utilisant les mêmes machines (l'IBM 709 puis le 7090), que Herb Teager, qui a la préséance de l'antériorité, « prête » à Corbato.

---

[75] Par exemple, chaque terminal doit avoir un système d'entraînement de bande magnétique entièrement dédié, ce qui empêche toute exportation du système ; par ailleurs, les capacités de mémoire sont très réduites.

Il n’est donc pas inintéressant de revenir sur une comparaison de ces deux projets parallèles et concurrents, dont les destinées vont rapidement diverger : le CTSS de Corbato allant vers le succès et le projet de Teager finissant par un échec. En effet, la rivalité opposant les deux hommes et les deux projets se termine par le départ de Teager, qui quittera le MIT pour l’Université de Boston, en 1962-1963.

Comment expliquer ces deux devenirs ? Par « l’intelligence technique » supérieure de Corbato ? Par le caractère individualiste de Teager ?

Pour appliquer le fameux principe de symétrie de Bloor, postulant que les échecs comme les succès de la science et de la technique peuvent s’expliquer par les mêmes raisons, sociales et/ou techniques, nous tenterons de lister les caractéristiques de l’un et l’autre projet, à travers le tableau suivant.

COMPARAISON DES PROJETS DE TIME-SHARING

DE H. TEAGER ET F. CORBATO

AU MIT (1960-1963)

Critères de comparaison	***Projet de Teager***	***Projet CTSS de Corbato***
Objectifs poursuivis	Réaliser un service de *time-sharing* performant et ambitieux, permettant des progrès dans différents champs disciplinaires et demandant une meilleure interaction avec l'ordinateur	Réaliser un système de *time-sharing* « qui marche », permettant à de nombreux utilisateurs du MIT d'accéder à distance aux ressources de l'ordinateur.
Public visé	Chercheurs de quelques laboratoires	Ensemble de la communauté du MIT, notamment les étudiants
Artefacts concernés	Machines du *Computation Center :* - l'IBM 709 - l'IBM 7090	Machines du *Computation Center :* - l'IBM 709 - l'IBM 7090
Financement	NSF (*National Science Foundation*)	- d'abord le MIT, peut-être également la NSF au début (61) - l'ARPA (à partir de 1963)
Aspects techniques généraux	Système de *time-sharing* incompatible avec les autres machines	Compatibilité avec d'autres machines (d'où le nom de CTSS : *Compatible Time-sharing System*)
Objet principal des recherches	- Dispositif des entrées-sorties sur l'ordinateur ; - Interfaces hommes-machines	Système de gestion des interruptions
Propriétés et qualités techniques	- système « fermé » : les utilisateurs doivent se plier aux conditions du système	- système interactif, conversationnel - système « ouvert » : possibilité pour chacun de modeler son système plutôt que d'être contraint par quelqu'un d'autre - relative simplicité du système, lui permettant d'être expliqué facilement
Conception sous-jacente de l'ordinateur	- ordinateur comme aide au travail intellectuel, à la résolution de problèmes - accent mis sur la dimension cognitive, heuristique de l'ordinateur	- ordinateur comme outil de communication, support des « communautés en ligne » - partage de l'information - accent mis sur la dimension communicationnelle et sociale de l'ordinateur
Critères de	***Projet de Teager***	***Projet CTSS de Corbato***

comparaison		
Idées générales sur le *time-sharing*	- vues très larges et ambitieuses au plan technique - conceptions générales assez avancées sur le *time-sharing* - inspiration des travaux de Licklider sur la « symbiose homme-machine »	- vues plutôt modestes au plan technique - conceptions générales assez avancées sur le *time-sharing* - conceptions proches de R. Fano
« Alliés » : forces de soutien, alliés extérieurs...	- dans le Comité technique (*Long Range Computation Studuy Group*) : Wes Clark (par ailleurs réservé sur les systèmes de temps partagé) - dans le « réseau *time-sharing* » du MIT : presque aucun chercheur - dans le MIT : assez peu de personnes, semble-t-il - à l'extérieur du MIT : la NSF ; IBM (soutien partiel et hésitant)	- dans le Comité technique : la majorité des membres (notamment McCarthy, Dennis) - dans le « réseau *time-sharing* » : Licklider, Fano - dans le MIT : la direction de l'institut ; les nombreux utilisateurs de CTSS (la communauté des étudiants, des chercheurs d'autres laboratoires) - à l'extérieur : l'ARPA/IPTO (à partir de 1963)
Adversaires	- la majorité des membres du Comité technique (notamment McCarthy, Corbato) - les adversaires habituels du *time-sharing*	- aucun adversaire dans le « réseau *time-sharing* » : Corbato peut mobiliser l'ensemble du réseau derrière lui - les adversaires habituels du *time-sharing*, mais de nombreux sceptiques séduits par CTSS
Pratiques de travail	- travail plutôt solitaire de Teager : difficultés à recruter des assistants, caractère jugé « rigide », rétention de l'information	- travail en équipe intense : Corbato assisté d'un couple de programmeurs ; caractère plus « ouvert » (semble-t-il), partage de l'information

Ce tableau permet de faire ressortir assez nettement la différence principale entre les deux projets et, peut-être, la raison de leur différence de destin :

- ce qui fait incontestablement la force du projet de Corbato est son caractère doublement ouvert : ouverture « technique » de CTSS (avec la compatibilité, la souplesse du projet), lui permettant « d'intéresser et d'enrôler » de nombreuses entités sociales et techniques (d'autres ordinateurs, les étudiants, d'autres chercheurs), ouverture « sociale » de Corbato lui-même, lui assurant le soutien de nombreux alliés ;

- à l'inverse, le projet de Teager se caractérise par une fermeture à peu près symétrique à l'ouverture de Corbato : fermeture « technique » du projet (incompatibilité, verrouillage du système), fermeture « sociale » avec l'isolement progressif de Teager.

Nous ne déterminerons pas ici la « cause » du succès de l'un et de l'échec de l'autre, mais nul doute que les capacités « d'intéressement, de capture, d'enrôlement et de mobilisation » des

autres entités, sociales et techniques, ont fait la différence entre deux projets, à la fois voisins et concurrents. Bien sûr le constat rétrospectif frise la tautologie : un projet réussit lorsqu'il mobilise autour de lui beaucoup de forces. Mais c'est **parce qu'il a mobilisé ces forces autour de lui que le projet réussit** : toute la difficulté étant de reconstituer à distance ces mobilisations.

3.3.6.1.3 Le projet de Dennis

Nous avons vu que se développe également au même moment un autre projet : celui de Jack Dennis, mené sur un PDP-1. Dennis semble s'inspirer beaucoup des conceptions du comité technique (le *Long Range Computation Study Group),* dont il fait partie. Mais son projet, bien que puisant aux mêmes sources, se situe dans une optique différente de celle de Corbato. Là où les projets de Corbato et Teager comportent des dimensions socio-cognitives fortes, le projet de Dennis semble surtout concentré sur le matériel. Par ailleurs, l'une des caractéristiques du réseau relationnel de ce projet est le travail de partenariat mené avec la société DEC, qui a livré le PDP-1. Selon Dennis, plusieurs innovations apportées plus tard à la série des PDP sont d'ailleurs redevables du travail mené sur le PDP-1 en 1960-61.

A cette époque des débuts, chaque projet de *time-sharing* constitue ainsi un petit réseau socio-technique à lui seul, connectant chercheurs, matériels, conceptions générales, aspects techniques, financements, partenaires spécifiques. Et certaines lignes de ces réseaux se retrouvent parfois quelques années plus tard et dans d'autres lieux.

Ainsi, dans le cas du projet de Jack Dennis, l'une des lignes ou l'un des surgeons de ce projet apparaîtra de l'autre côté des Etats-Unis à Berkeley, avec l'un des tout premiers systèmes de *time-sharing* développés dans les autres universités à partir de 1964. L'intermédiaire (humain) s'appelle ici Peter Deutsch, l'un des programmeurs travaillant avec Jack Dennis sur le PDP-1, qui quittera ensuite le MIT pour l'Université de Berkeley, où il implémentera le même système de programmation sur un autre type de machine (un SDS 940). On voit par là que, même si les projets initiaux de *time-sharing* n'ont pas tous laissé la même empreinte, ils ont néanmoins contribué, chacun à sa manière, à la dissémination d'une idée encore très minoritaire et localisée seulement à Cambridge au début des années 60[76].

3.3.6.1.4 Le projet BBN et la mutation de l'entreprise

[76] Il est par exemple intéressant de noter que l'Université de Berkeley, qui est l'une des premières de la côte Ouest à se lancer dans le *time-sharing* sera également l'un des premiers sites d'ARPANET, comme nous le verrons.

Pour le projet BBN, dont nous avons déjà retracé la genèse, nous évoquerons seulement l'une de ses conséquences sur l'entreprise d'acoustique, qui va acquérir une nouvelle dimension grâce au *time-sharing*.

En effet, à la fin des années 50, BBN connaît une profonde mutation sous l'effet de la traduction opérée par Licklider : en deux ou trois ans, le « recrutement » (au sens propre comme au sens figuré) d'entités de toutes sortes - jeunes chercheurs, ordinateurs, projets - a abouti à transformer, à « traduire » l'identité de l'entreprise. Traduire étant vraiment à prendre ici aux deux sens proposés par Latour et Callon : transcrire ou redéfinir et déplacer (sens linguistique et sens géométrique).

Avec l'informatique apportée par Licklider et notamment le projet de *time-sharing* initié par McCarthy, BBN est à la fois « redéfinie (puisque son identité change) et « déplacée » (puisque ce nouvel acteur de l'informatique occupe rapidement une position leader).

Ainsi en 1961, BBN fait-elle une entrée remarquée dans le petit monde de l'informatique et bénéficie immédiatement d'une position centrale :

- par ses innovations techniques sur le *time-sharing* ;
- par le prestige acquis auprès des chercheurs et étudiants de Cambridge, qui viendront nombreux se former dans la « troisième université » ;
- par les contrats développés par Licklider avec différents partenaires importants : l'*US Air Force*, mais aussi le *Council of Library* (que nous verrons plus loin).

De petite entreprise constituée d'une poignée de brillants consultants en acoustique, BBN est devenue, à la fin de la décennie 50, un nouvel acteur à part entière de l'informatique, comptant déjà environ une cinquantaine de personnes. L'essor de son activité informatique va coïncider, de plus, avec une grave crise de sa branche traditionnelle, la branche acoustique, due au scandale du Lincoln Center[77]. Et ce serait la récente diversification de la firme dans l'informatique qui lui aurait permis d'éviter la faillite.

Nous retrouverons l'entreprise BBN lorsque nous arriverons à la naissance proprement dite d'ARPANET, dont elle sera l'un des principaux acteurs.

3.3.6.2 La montée en force du thème du time-sharing dans la communauté informatique

De 1960 à 1962, cette idée d'un autre type d'accès aux ordinateurs va faire des adeptes de plus en plus nombreux parmi la petite communauté informatique. Même si le thème suscite beaucoup

77 L'acoustique du complexe philharmonique du Lincoln Center était catastrophique et entraîna la destruction du complexe, provoquant un scandale dans lequel Leo Beranek fut le principal accusé. Sur ce point, voir K. HAFNER, M. LYON, *Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet, op. cit.*, p. 103

de réticences, voire d'hostilités, le fait même de devenir objet de débat, de publications, de controverses, témoigne du succès de la « problématisation-*time-sharing* ».

Deux éléments sont à noter dans cette période bouillonnante des débuts :

- le recrutement de nouveaux alliés, parmi lesquels certains chercheurs importants, comme Robert Fano ;
- la conférence du centenaire du MIT.

3.3.6.2.1 L'intéressement de plusieurs acteurs de la recherche informatique

Le réseau des partisans du *time-sharing* va s'étendre progressivement entre 1960 et 63, avant de prendre son véritable essor à partir de 1963.

Parmi les acteurs de la recherche informatique de cette époque, nous avons détaillé le rôle des pionniers des systèmes à temps partagé[78]. Dans les soutiens dont dispose alors le *time-sharing*, notons également la direction du MIT, notamment Gordon Brown, mais aussi Charlie Townes, le Directeur et Jay Stratton, le Président qui, bien que prudents, encouragent plutôt le mouvement.

Jusqu'en 1962, le *time-sharing* reste sur la côte Est et plus précisément à Cambridge (MIT et BBN) et il faut attendre le départ de McCarthy à Stanford pour voir le réseau s'implanter sur la côte Ouest[79]. Si McCarthy ne peut voir les premières démonstrations du CTSS de Corbato, il organise, dès son arrivée à Stanford, un nouveau projet sur un PDP-1, qui sera le premier système de *time-sharing* fondé sur des terminaux d'affichage[80].

Nous verrons plus loin que plusieurs universités de la côte Ouest seront parmi les premières à développer le temps partagé et que la carte d'implantation du *time-sharing* précède en partie celle d'ARPANET.

3.3.6.2.1.1 Une « recrue » de poids : Robert Fano

Parmi les acteurs importants gagnés très tôt à la « cause » du *time-sharing* figure un personnage, que nous avons maintes fois cité sans le présenter vraiment : Robert Fano.

---

[78] Pour mémoire : John McCarthy, Fernando Corbato, Herb Teager et Jack Dennis au MIT, ainsi que leurs assistants et le responsable du *Computation Center*, Phil Morse ; l'équipe de BBN, avec Licklider et Fredkin ; les ingénieurs de DEC du PDP-1, comme Ben Gurley.

[79] George Forsythe, le Président de l'Université de Stanford, sollicite fortement McCarthy en 1962, pour qu'il vienne à Stanford mettre en place un Département d'Informatique. Comme cette proposition arrive au moment où McCarthy se sent désavoué par la Direction du MIT (voir le problème du blocage de l'appel d'offres), il finit par accepter et, à l'automne 1962, une fois le projet de BBN terminé, il quitte à la fois BBN et le MIT pour l'Université de Stanford.

[80] Ce système sera utilisé jusqu'en 1969-70 pour un travail sur l'EAO (Enseignement Assisté par Ordinateur).

Avec Fano, nous rencontrons un nouveau pionnier de l'informatique interactive du début des années 60, très proche des théories de Licklider et suivant avec attention tous ces divers travaux.

A la différence de la plupart des acteurs rencontrés jusqu'à présent, Robert Fano ne vient pas du champ de *l'Electrical Engeneering* (la discipline « matricielle » de l'informatique), mais de celui des sciences de l'information, encore en gestation. En effet, dès l'obtention de son *PhD* au MIT en juin 1947, portant sur la théorie de l'information, Fano va consacrer ses recherches à l'approfondissement de ces questions théoriques[81].

C'est à partir de ses travaux initiaux et surtout de ses contacts étroits avec Claude Shannon mais aussi Norbert Wiener, que Robert Fano va développer ses recherches pendant les années 50 dans l'équipe du RLE (*Research Laboratory for Electronics*) du MIT. Son champ de recherche principal concerne le codage et le décodage de l'information et pendant toutes ces années 50, Fano n'a pas réellement de contact avec les ordinateurs.

Dans le livre qu'il publiera au MIT en 1961, « *Transmission of Information* » et qui est le fruit de tous ses travaux sur l'information, il décrira ses premiers contacts avec N. Wiener et Shannon et l'importance, dans sa formation initiale, du double cadre de recherche de la cybernétique et de la théorie de l'information. Si Fano ne semble pas avoir suivi les Conférences Macy, du moins a-t-il participé au séminaire de Wiener au MIT et il fait partie, à l'instar de Licklider, de ce noyau initial des premiers cybernéticiens. Il connaît par ailleurs très bien Licklider, qu'il rencontre souvent durant les années 50, puisqu'ils font partie du même laboratoire, le RLE.

Vers 1956, Robert Fano devient professeur *(full professor*) au MIT. Associé à l'équipe de direction de Gordon Brown, alors directeur du département *d'Electrical Engineering*, il est en contact avec de nombreux chercheurs en informatique du RLE et du *Computation Center*, dont Minsky et McCarthy. Dans le courant de l'année 60, Jerome Wiesner, l'un des chercheurs les plus éminents du MIT, met sur pied un comité de réflexion au sein du RLE: le *Center for Communications Science*. Wiesner n'aura pas le temps d'y faire grand-chose, car il sera appelé à Washington comme conseiller scientifique de Kennedy. Fano devient donc, à la suite de Wiesner, « *Chairman* » de ce comité de recherche et de réflexion sur les sciences de la communication, qui existera surtout sur le papier. Il tente, sans trop de succès, de susciter des thèmes de réflexion interdisciplinaire, mais constate que la « ferveur interdisciplinaire » au sein du RLE a disparu. Par ailleurs, au même moment, il devient en 1960 « *senior faculty member* »

---

[81] En mars 1948, il fait la connaissance de Claude Shannon, lors d'une réunion de l'IRE (ancêtre de l'IEEE : *International Electrical and Electronic Engineering*). Très intéressé par l'intervention de Shannon, Fano lui expose ses propres travaux sur la théorie de l'information, qui reproduisent une partie du travail de l'auteur de la « Théorie mathématique de l'Information », mais dans une perspective différente. Fano a surtout travaillé sur la question de l'encodage et les possibilités optimales pour coder les messages.

du MIT et va être encouragé par Gordon Brown, doyen de la *Engineering School*, à apprendre la programmation des ordinateurs. Il suit avec enthousiasme les cours d'informatique, mis sur pied par Gordon Brown à l'attention des nouveaux « *senior faculty members* », cours animés par Corbato et Mc Carthy. Enfin, partageant la prise de conscience de Gordon Brown sur le rôle majeur de l'ordinateur, il fait également partie du « *Comité de Recommandation* » sur les futurs besoins du MIT en informatique.

A partir de 1960, ce professeur du MIT est donc devenu une référence importante de l'institut, notamment dans la réflexion qui commence à s'élaborer sur l'avenir de l'ordinateur et de l'informatique, comme l'atteste son intervention à la Conférence du Centenaire du MIT en 1961. En 1961, il est membre de deux comités de réflexion (sur l'informatique et sur la communication), il a des contacts et des relations avec les différents chercheurs de plusieurs laboratoires du MIT et entend développer des réflexions et des travaux interdisciplinaires. Il est au courant des travaux menés chez BBN sur le *time-sharing* et commence à s'intéresser de près aux problèmes de communication entre ordinateurs. Afin de parfaire sa formation technique, Robert Fano prend une année sabbatique au MIT à l'été 1961 et part travailler au Lincoln Lab*oratory*, avec le projet d'en apprendre davantage sur les ordinateurs. Expérience décisive, car c'est lors de ce passage au Lincoln Lab*s*, en 1961-62, que Fano affine sa conception de l'ordinateur, qu'il entend penser désormais en termes de fonctions et non plus de composants, contrairement à la représentation dominante d'alors. Entrevoyant la généralisation de ces fonctions, il propose de « *commencer à penser à la communication universelle, rendue possible par l'ordinateur*. »[82]. Par ailleurs, lors de son passage au Lincoln Lab, Fano rencontre Wes Clark, qui travaille alors sur le TX-2. Revenu au MIT à l'automne 1962[83], Robert Fano paraît alors « mûr » pour prendre la relève du *time-sharing* : formé à la programmation, développant des conceptions originales sur l'ordinateur, ayant tissé un solide réseau de relations autour de lui, il remplit toutes les conditions pour jouer un rôle décisif dans l'essor du *time-sharing*.

Ce sera le *Project MAC*, pour lequel il faudra néanmoins une impulsion extérieure, celle de Licklider. Mais n'anticipons pas sur notre récit.

3.3.6.2.2 Emergence publique du *time-sharing* : la Conférence du Centenaire du MIT de 1961, les premières publications

Autre signe de l'extension du « réseau » du *time-sharing* : la Conférence du Centenaire.

---

[82] M. et R. HAUBEN, *Netizens, op. cit.*, p. 85

[83] Par une curieuse coïncidence, c'est également le moment où le pionnier du time-sharing, McCarthy, quitte l'institut.

Au printemps 1961 a lieu une conférence de premier plan, organisée à l'occasion du centenaire du MIT, pour réfléchir sur l'avenir de l'ordinateur et de l'informatique. Cette Conférence du Centenaire réunit les plus grands chercheurs de l'informatique et des sciences de l'information de l'époque, parmi lesquels Norbert Wiener, Claude Shannon, John Kemeny, Robert Fano, Alan Perlis, Charles Percy Snow (chercheur britannique), John Pierce (l'un des pionniers des laboratoires Bell), Licklider... Dans son intervention, ce dernier développe une vision de l'ordinateur du futur, considéré comme « *médiateur et facilitateur de la communication entre les hommes* ». En remplacement de dernière minute d'un orateur absent, J. McCarthy est invité à intervenir pour présenter la raison d'être du *time-sharing* et la conception nouvelle de l'ordinateur représentée par ce nouveau système d'exploitation.

Par cette conférence très importante, le thème du *time-sharing* accède ainsi à la notoriété et à la reconnaissance dans le milieu de la recherche informatique. Les ordinateurs à temps partagé apparaissent comme l'une des composantes essentielles d'un nouveau modèle, plus large : l'informatique interactive, qui est encore dans les limbes. Lors de cette conférence, la plupart des intervenants mettront l'accent, par ailleurs, sur le rôle fondateur de la cybernétique de Wiener et de la théorie de l'information de Shannon.

Enfin, dernières marques de l'émergence du *time-sharing* : les publications scientifiques, « dispositifs d'intéressement » essentiels entre tous. Entre 1960 et 62, vont ainsi être publiés plusieurs articles et rapports sur les ordinateurs à temps partagé. Après le *Memorandum* de McCarthy de janvier 59, la communication de Strachey en juin 59 à Paris, le Rapport majoritaire du *Long Range Computation Study Group* remis en avril 61, un nouveau rapport de recherche est publié en novembre 61. Il s'agit de l'un des tout premiers rapports de synthèse sur le *time-sharing*, élaboré par Herbert Teager[84].

De leur côté, Corbato et son équipe publient le texte de leur intervention de mai 1962 à *la Spring Joint Computer Conference*, au cours de laquelle ils présentent leur travail sur CTSS[85].

---

[84] Le rapport, « *Real-Time, Time-Shared Computer Project* », est d'abord publié par le *Computation Center* et le *Research Laboratory of Electronics* du MIT, avant d'être republié en 1962 dans *Communications of the ACM*. Il décrit le travail mené d'après les plans de Teager, parallèlement aux travaux de Corbato, sur l'IBM 709.

[85] F. CORBATO, M. MERWIN-DAGGET, R. DALEY, *An Experimental Time-Sharing System*, Proceedings of the American Federation of Information Processing Societies, Spring Joint Computer Conference, 1-3 mai 1962, vol. 21, pp. 335-344

3.3.6.3 D'un système d'exploitation à un nouveau modèle de l'ordinateur

Nous avons noté à plusieurs reprises que le *time-sharing* était loin d'être réductible à la seule modification du système d'exploitation des ordinateurs et qu'il fallait dépasser la stricte opposition technique « *batch processing* » *vs* « *time-sharing* ».

La réalité de ce phénomène d'innovation du début des années 60 est infiniment plus complexe et, comme chaque innovation majeure, elle tisse peu à peu un ensemble composite entremêlant spécifications techniques, représentations des usages, objectifs sociaux ou socio-cognitifs, références théoriques, pratiques sociales, voire visions utopiques.

Nous refusons pour notre part d'accorder une prééminence quelconque à l'un ou l'autre de ces « composants », par exemple en voyant seulement dans le mouvement qui se dessine au MIT autour du temps partagé le « produit » de l'influence de la cybernétique sur les chercheurs, ou bien le simple résultat d'un plan politique de recherche énoncé par une direction. De même que, tout en essayant de montrer les bases techniques du temps partagé, nous ne voulons en aucune manière accréditer l'hypothèse du *time-sharing* comme simple étape prévisible d'une évolution technique irrésistible.

Nous espérons que, de cette étude détaillée de la période d'émergence, ressortira l'inextricable enchevêtrement des facteurs de l'innovation technique : les expérimentations techniques, portées par des acteurs humains incertains et divisés, s'enchaînent aux projets programmatiques, eux-mêmes articulés à des projections sociales, à un imaginaire technique, qui vont à la fois conditionner et dépendre des choix techniques.

En fait, la traduction majeure du *time-sharing* semble se situer là : dans ce passage progressif, compliqué et incertain, d'un type de système d'exploitation des ordinateurs de l'époque (problème que l'on peut qualifier de strictement « technique ») à un modèle de l'ordinateur de portée beaucoup plus large. Autrement dit, une transition, une traduction allant de **l'objet technique** - le système d'exploitation à temps partagé - **au nouvel usage de l'ordinateur** - interactivité, usage collectif - **puis au « discours sur » l'ordinateur** - sur les interfaces hommes-machines, l'informatique communicationnelle - .

Après avoir essayé de retracer les points forts de ce processus de traduction, ses acteurs et ses connexions diverses, il importe désormais de voir de plus près les composants de ces « discours » du *time-sharing*, les grandes thématiques qui affleurent dans les textes et les idées des pionniers de ce type de système.

3.3.6.4 Le time-sharing comme support d'une nouvelle vision de l'ordinateur

Si les textes scientifiques sont l'expression et l'exprimé de réseaux sous-jacents, ils restent avant tout porteurs de thèmes, d'idées, d'ensembles d'énoncés. Sans voir dans les discours du *time-sharing* une « cause » ni une conséquence de celui-ci, il importe d'en étudier la teneur, d'en dégager les constantes.

L'objectif du temps partagé n'est pas seulement technique : en permettant le partage des temps de traitement d'un ordinateur entre différents utilisateurs, en éliminant l'attente trop contraignante du traitement par lots, il s'agit en fait de développer la possibilité d'une utilisation collective, partagée et directe des ordinateurs et des programmes.

Aussi les projets menés au début des années 60 vont-ils alimenter un ensemble de discours à forte tonalité sociale, communicationnelle, voire utopique, où la marque de la cybernétique est patente.

Schématiquement, on peut distinguer trois grands thèmes, qui vont nourrir les divers discours et structurer peu à peu une nouvelle vision de l'ordinateur et de sa place dans la recherche scientifique et, au-delà, dans la société. Chacun de ces thèmes correspond chez l'un ou l'autre des acteurs à un objectif important assigné aux systèmes de *time-sharing*, que l'on énoncera ainsi :

- le partage des ressources ;

- le développement du travail collectif ;

- le développement de l'interaction homme-machine.

Ces trois thèmes ne sont pas propres au temps partagé et on les retrouve dans d'autres contextes, sous d'autres signatures mais ils constituent le « noyau dur » de cette thématique, principal support d'un autre modèle de l'ordinateur.

3.3.6.4.1 Le partage des ressources

Le partage des ressources informatiques est à la base même de la notion de « temps partagé ».

Nous avons déjà relevé, dans la description technique, que l'objectif premier de ces systèmes était l'utilisation collective, partagée, des ressources de la machine. Les avantages d'un tel système apparaissent très vite à ses promoteurs : tous les programmes utilisateurs, mais aussi les utilisateurs eux-mêmes, sont traités par la machine sur le même pied, assurant l'égalité dans l'accès aux ressources. Concrètement, la durée des tranches de temps, allouées à chaque

utilisateur sur un terminal, est calculée pour être la même pour tous, donnant l'impression à chacun que l'ordinateur travaille uniquement pour lui[86].

Aussi, dès les premiers rapports techniques, l'accent est-il mis sur les implications sociales de ce partage des ressources et sur les promesses de changement des pratiques des chercheurs, jusqu'alors isolés dans leur laboratoire.

Le rapport de la majorité du Groupe d'Etude (*« Long Range Computation Study Group's recommendation for a time-sharing system »*, d'avril 1961) justifie de la manière suivante l'importance du *time-sharing* au MIT :

> *« la raison de cette insistance sur le time-sharing vient du fait que le problème principal au MIT ne réside pas dans la vitesse des ordinateurs mais dans la capacité d'interaction avec les utilisateurs et avec les utilisateurs des laboratoires. En fait, le développement de la capacité d'interaction rendue possible par le système de time-sharing, aura autant d'impact sur la recherche au MIT que l'introduction en premier lieu de l'automatisation du calcul. »* [87].

A une époque où les ordinateurs sont encore réservés à un petit groupe d'experts et utilisés pour les calculs scientifiques, le *time-sharing* représente donc une rupture révolutionnaire, annonçant avec dix ans d'avance l'essor de l'informatique individuelle et « démocratique », incarnée par le micro-ordinateur.

3.3.6.4.2 Le travail collectif et les « communautés en ligne »

On le voit bien, les ingrédients du discours sur le partage des ressources se trouvent en germe dans les aspects purement techniques du *time-sharing* : égalité dans le partage, communication entre chercheurs, interactivité, simplicité dans la mise en oeuvre, ouverture du système. Une sorte d'agencement se crée ainsi entre un objet technique ayant ses propres règles et les usages, les discours, les pratiques ; de multiples relations et interactions vont se tisser entre le dispositif technique et le discours tenu sur ses potentialités, notamment la notion de « communauté virtuelle » qui va pouvoir émerger.

Si le *time-sharing* ne « détermine » pas une nouvelle vision de l'ordinateur et de nouvelles pratiques sociales entre chercheurs, il existe à l'évidence une continuité socio-technique entre un système d'exploitation, fonctionnant de manière « égalitaire » et de nouvelles pratiques de partage des ressources et des informations entre chercheurs qui, sans être générées

---

[86] Rappelons que les temps d'attente trop longs concernent uniquement les « entrées/sorties » de l'ordinateur, *i.e.* l'accès simultané de plusieurs utilisateurs à la même unité de disque. Par ailleurs, le système n'a pas à gérer les priorités entre les programmes utilisateurs (contrairement aux systèmes de multiprogrammation) : il existe ainsi une plus grande simplicité dans la mise en oeuvre d'un logiciel de temps partagé que dans celle d'un système en multiprogrammation.

[87] J. LEE, J. LICKLIDER, J. McCARTHY, The Beginnings at MIT, *art. cit.*, p. 29

automatiquement par le *time-sharing* (ou plus tard ARPANET), seront autorisées et encouragées par la machine. De l'amélioration du travail individuel au partage des ressources entre un petit groupe d'utilisateurs, puis à l'émergence de véritables communautés « structurées » par l'ordinateur, il n'y a qu'un pas ou plutôt un cheminement.

Ainsi, pour Corbato et Fano :

> *« Le système d'ordinateur en temps partagé peut unir un groupe de chercheurs dans une recherche coopérative pour la solution d'un problème commun, ou bien il peut servir de réservoir commun de connaissances et de compétences dans lequel chacun peut puiser selon ses besoins. En projetant le concept sur une grande échelle, on peut concevoir une telle installation comme* ***une bibliothèque extraordinairement puissante servant la communauté toute entière, en bref comme un service public intellectuel****. » (c'est nous qui soulignons)*[88].

Avec ces intuitions prémonitoires des pionniers du *time-sharing*, commence à apparaître une toute autre conception de l'ordinateur, réellement neuve à l'aube des années 60. Conception inaugurant toute une « lignée » de l'informatique, dans laquelle on retrouve les communautés virtuelles, les collecticiels, l'hypertexte, « l'intelligence collective », etc.. La notion des « *online communities* » (communautés en ligne), qui s'épanouira plus tard sur ARPANET et Internet trouve ici ses fondements dans le *time-sharing*, notamment dans la théorisation qu'en feront en 1968 des chercheurs comme Licklider et Taylor.

3.3.6.4.3 L'interaction hommes-machines

Le dernier thème, que l'on peut résumer par la recherche de l'interactivité, n'est pas propre au *time-sharing*, comme le montrera l'étude des travaux menés par Engelbart. Mais l'amélioration du travail intellectuel par une interaction plus poussée entre l'homme et l'ordinateur, ou celle des processus d'aide à la décision, représente un objectif essentiel et affirmé dès le début des travaux sur le *time-sharing*. Ainsi, Teager, dans un papier présenté en 1960 à la Georges Washington University, développe l'idée que les « méthodes heuristiques » sont plus prometteuses que les méthodes « exhaustives ou algorithmiques » et affirme « *qu'il est par conséquent d'une valeur considérable d'explorer comment les meilleurs aspects de la décision chez l'homme et la machine peuvent être couplés* » [89].

L'analogie avec le concept de « *man-computer symbiosis* », développé à la même période par Licklider (voir plus loin), est frappante et témoigne de la prégnance du thème de l'interaction hommes-machines, de l'interactivité.

---

[88] R. FANO, F. CORBATO, Time-Sharing on Computers, In *Information, A Scientific American Book*, Freeman, 1966, p. 76-77. Citation extraite de M. et R. HAUBEN, *Netizens : On the History and Impact of Usenet and the Internet*, *op. cit.*, p. 70

[89] J. LEE, J. LICKLIDER, J. McCARTHY, The Beginnings at MIT, *art. cit.*, p. 29

Un peu plus tard en 1961, le même Teager soulignera, dans son rapport de recherche présentant son travail sur l'IBM 709 :

> *«L'objectif de ce projet est de développer des dispositifs, des systèmes et des langages pour l'interaction fructueuse entre les scientifiques et les ordinateurs, utilisant l'ordinateur comme une aide en ligne puissante pour la compréhension »* [90].

Pour conclure, les objectifs du mouvement autour des ordinateurs à temps partagé sont à la fois **sociaux** (avec les communautés en ligne), **socio-cognitifs** (avec les prémisses de « l'intelligence collective », la résolution collective de problèmes), **communicationnels** (avec les échanges entre chercheurs), **techniques** (avec la connexion d'ordinateurs hétérogènes).

Autant d'éléments à la base d'ARPANET, que l'on peut dès lors interpréter comme une extension à l'échelle du pays de ces principes mis en oeuvre au niveau local.

3.3.7 Cartographie de l'émergence du time-sharing

Comme pour le *Whirlwind*, nous avons tenté de représenter par deux schémas l'enchevêtrement compliqué des opérations de traduction du processus d'émergence du *time-sharing*.

---

[90] Rapport de Herbert Teager, « *Real-Time, Time-Shared Computer Project », Computation Center* and Research Laboratory of Electronics, MIT, novembre 1961, cité dans LEE, LICKLIDER, MCCARTHY, *Ibid.*, p. 28

Schéma 2.1 : La filière du time-sharing : 1957-1960

Schéma 2.2 : La filière du time- sharing : 1960-1962

LEGENDE DES SCHEMAS

I/ Les ENTITES (acteurs et actants, intermédiaires...) : cinq types d'entités

1- Les Acteurs organisationnels, les « acteurs-réseaux » (par ex. un thème de recherche) : en **Majuscule** ou **Minuscule Gras**. Ex. : **ARPA**, **TIME-SHARING, Lincoln Laboratory**...

2- Les Acteurs humains : en **Minuscule Gras**. Ex. : **Licklider**, **Roberts**...

3- Les Artefacts et les projets techniques : en ***Minuscule ou Majuscule Gras Italique.*** Ex. : ***IMP***, ***CTSS, Project MAC, Whirlwind***...

4- Les Textes : en *Minuscule Normal Italique* et entre « ». Ex. : *« Conceptual Framework »*

5- Les Evénements : en **Minuscule Gras** et Normal. Ex. : **Avril 1967** Réunion des ARPA's Contractors

II/ Les POLES : trois pôles

- le pôle S (Scientifique) : universités, laboratoires de recherche, agences civiles de financement de la recherche, associations scientifiques...

- le pôle A (Armée) : agences militaires de financement, organismes et armes du Pentagone (Navy, US Air Force, Army), par extension instances du pouvoir politique.

- le pôle E (Entreprises) : toutes les entreprises privées ou para-publiques, spécialisées dans l'informatique, les télécommunications...

III / Les RELATIONS et OPERATIONS DE TRADUCTION entre ENTITES

1- Les relations de toutes natures (appartenance, « intéressement », association...) entre deux entités ou entre deux pôles : ⟶

2- Les flux financiers (financements des projets par une agence) : ----------▸

3- Les opérations indiquant une « mobilisation », une forte convergence d'acteurs/actants, autour d'un projet ou d'un acteur-réseau : ⟶

4- Les transformations de projets ou d'acteurs, résultats de diverses micro-opérations de traduction : ⇒

3.4 Emergence de l'informatique interactive et communicationnelle

Le *time-sharing* doit être replacé dans le contexte plus large de l'émergence d'un nouveau modèle de l'ordinateur, qui commence à se faire jour à l'aube des années 60 : l'informatique interactive, que l'on peut opposer au modèle encore dominant de l'informatique computationnelle. Ce nouveau modèle va trouver son expression la plus aboutie dans les travaux de Licklider et d'un autre théoricien des interfaces, Douglas Engelbart.

3.4.1 Licklider, théoricien de l'informatique interactive

Dans notre description du rôle de Licklider chez BBN au début des années 60, nous avons évoqué deux études menées pour le compte de l'*US Air Force* et pour celui des bibliothécaires américains. C'est sur ces deux études que nous entendons revenir.

3.4.1.1 Des ordinateurs et des hommes

Nous avons vu que, dès son arrivée chez BBN en 1957-58, Licklider organise et anime un petit groupe de chercheurs.

Une étude interdisciplinaire, menée en 1959 pour le compte de *l'Air Force Office of Scientific Research* sur les problèmes de l'avenir de la recherche, lui donne l'occasion de développer un nouveau concept des systèmes hommes-machines et une vision originale de l'ordinateur.

Inspirée par la cybernétique de Wiener, cette étude interdisciplinaire mobilise une partie de son équipe et Licklider travaille sur les significations de la notion de système pour le monde scientifique et technique. Plusieurs réunions interdisciplinaires sont organisées pour cette recherche, évoquant, selon son expression, une « *sorte de cercle de Wiener miniature* »[1].

C'est à la suite de cette étude, à la finalité plutôt abstraite, qu'il publie en mars 1960 son premier article théorique « *Man-Computer Symbiosis* » [2], dans lequel il expose sa notion de « symbiose

---

[1] Un autre chercheur (que nous retrouverons plus loin), Tom Marill, rejoint ce groupe de BBN et participe à cette étude ; il développe, sous contrat, les premiers réseaux sémantiques (*semantic networks*).

[2] L'article original (LICKLIDER, J.C.R., Man-Computer Symbiosis**,** *in IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, vol. HFE-1, mars 1960, p. 4-11) sera republié en 1990 par la société DEC, dans : DIGITAL SYSTEMS RESEARCH CENTER, *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990*, Digital Equipment Corporation,

homme-ordinateur » et trace les voies possibles de développement d'une informatique interactive, en rupture complète avec le modèle dominant de l'époque. Licklider y décrit certains résultats de l 'étude menée chez BBN[3]. Cet article va permettre à Licklider de structurer et de formaliser sa conception de l'ordinateur comme technologie intellectuelle, comme outil d'aide à la décision, *i.e.* d'engager une « problématisation » d'envergure qui aboutira quelques années plus tard. Licklider devient alors le théoricien le plus abouti du *time-sharing* et de l'informatique interactive, le « visionnaire » d'une autre utilisation possible de l'ordinateur. Toute son action et ses textes ultérieurs prolongeront les intuitions de la « symbiose homme-ordinateur ».

3.4.1.1.1 Une vision novatrice de l'ordinateur, appuyée sur une conception continuiste des rapports hommes-techniques

Deux choses nous frappent à la lecture de « *Man-Computer Symbiosis* » : d'une part les idées, révolutionnaires pour l'époque, sur le rôle possible de l'ordinateur et d'autre part, l'affiliation intellectuelle de Licklider, même à son corps défendant, à tout un courant de la pensée des techniques dans lequel il prend sa place aux côtés de Samuel Butler, Simondon ou Leroi-Gourhan.

Comment Licklider définit-il tout d'abord cette notion de « symbiose homme-ordinateur » ? Comme « *un développement attendu dans l'interaction coopérative entre les hommes et les ordinateurs* »[4]. *Man-Computer Symbiosis* développe l'idée d'une interaction étroite entre l'ordinateur et l'homme, pour « *penser ensemble, partager et se répartir les tâches - principalement heuristiques versus algorithmiques* ». Dans cette perspective, « *les hommes devront fixer les buts, formuler les hypothèses, déterminer les critères, accomplir les évaluations* », tandis que les machines feront le travail « automatisable ». Les effets attendus de la « symbiose » sont une meilleure efficacité des opérations intellectuelles, plus importante que lorsqu'elles sont menées par un homme seul[5]. Les préoccupations de Licklider rejoignent ici celles d'Engelbart (voir plus loin), dans la recherche de l'efficience intellectuelle.

1990, pp 1-20. Disponible sur WWW: <http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/research-reports/abstracts/src-rr-061.html>.

[3] Selon Licklider lui-même, l'article ne provient pas directement de la recherche pour l'US Air Force mais d'une réflexion personnelle sur l'analyse des mécanismes cognitifs à l'oeuvre dans un travail de création et l'automatisation possible des procédures de « routine » par l'ordinateur.

[4] J. LICKLIDER, Man-Computer Symbiosis, *In* Digital Systems Research Center, *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990.*], *art. cit.*, p. 1

[5] C'est évidemment dans le domaine des activités de pensée technique et scientifique que Licklider situe les principaux bénéfices attendus d'une telle symbiose. Ayant observé, par une étude empirique menée sur son propre

Pour mieux expliquer ses objectifs, Licklider donne des indications intéressantes sur les axes de recherches dont il entend se démarquer. Il distingue ainsi son projet de deux autres orientations développées alors : le « *Mechanically Extended man* » et l'Intelligence Artificielle.

La notion « *d'homme prolongé mécaniquement* », selon l'expression d'un certain J. D. North[6], concerne tous les systèmes fondés sur l'extension, le prolongement d'organes humains, comme le bras, l'oeil, etc.. Derrière cette notion, qui n'est pas sans évoquer « l'homme-machine » et toute la lignée des automates, figurent les travaux ouvrant la voie à l'automatisation, au remplacement de l'homme par les machines. Les systèmes semi-automatiques ne peuvent être « symbiotiques », puisqu'ils se fondent, partiellement ou non, sur l'élimination de l'un des éléments du couple (l'homme en l'occurrence) et sont donc très différents du projet de Licklider. La « symbiose » n'est, en aucun cas, synonyme d'automatisation.

Licklider distingue également le projet de « symbiose homme-machine » de celui de l'Intelligence Artificielle. Reconnaissant que son concept n'est sûrement pas « *l'ultime paradigme pour les systèmes technologiques complexes* », il admet qu'il sera sans doute dépassé à terme par les progrès attendus dans l'Intelligence Artificielle et, à cet égard, il fait référence aux travaux alors en cours de Newell, Simon et Shaw sur l'IA, le « *general problem solver* », etc..

Licklider développe ici une intuition forte sur l'avenir de l'ordinateur, servant de postulat implicite à l'IA, intuition selon laquelle *« les machines électroniques ou chimiques surpasseront le cerveau humain dans la plupart des fonctions, considérées jusqu'à présent comme exclusivement de son domaine.»*[7]. Prémonition que l'on ne peut que rapprocher de celle du célèbre paléontologue Leroi-Gouran, qui affirme à la même époque :

> *« Imaginer qu'il n'y aura pas bientôt des machines dépassant le cerveau humain dans les opérations remises à la mémoire et au jugement rationnel, c'est reproduire la situation du Pithécanthrope qui aurait nié la possibilité du biface, de l'archer qui aurait ri des arquebuses, ou plus encore d'un rhapsode homérique rejetant l'écriture comme un procédé de mémorisation sans lendemain. »* [8]

---

travail intellectuel en 1957, que l'activité la plus importante est de « garder des traces » et que le temps de « pensée » est principalement consacré à des activités de bureau ou mécaniques (recherche, calcul, dessin, transformation, etc.), ses conclusions d'observation le conduisent à l'idée que « *les opérations qui demandent le plus de temps, habituellement consacrées à la pensée technique sont celles qui peuvent être effectuées de manière plus efficace par les machines que par les hommes*. » D'où la nécessité de créer une « *relation de symbiose entre l'homme et une machine rapide de recherche d'information et de traitement des données* », cette « *interaction coopérative pouvant améliorer le processus de pensée*. ». (J. LICKLIDER, *art. cit.*, p. 5)

[6] Dans la référence suivante, citée par Licklider : J.D. NORTH, « *The rational behavior of mechanically extended man* », Boulton Paul Aircraft Ltd, Wolverhampton, Eng., september, 1954

[7] J. LICKLIDER, Man-Computer Symbiosis, *art. cit*., p. 2

[8] A. LEROI-GOURHAN, *Le Geste et la parole*, tome 2, Albin Michel, 1964, p. 75

Moins ambitieuse que l'Intelligence Artificielle[9], dont elle ne partage pas tous les postulats, la « symbiose homme-ordinateur » de Licklider vise en fait deux objectifs spécifiques :

- faire participer les ordinateurs à la formulation des problèmes ;
- les faire intervenir dans les processus de pensée en temps réel.

Concernant le premier objectif, Licklider se livre d'abord à une observation sur le modèle d'aide « cognitive » apportée par les ordinateurs de l'époque : ils aident à résoudre des problèmes pré-formulés, ou à traiter des données selon des procédures prédéfinies. Certes, la pré-formulation d'un problème par l'utilisateur s'avère tout à fait féconde dans de nombreuses situations et l'intérêt de la programmation, en tant que décomposition algorithmique de toutes les tâches et procédures à accomplir, n'est plus à démontrer. Mais Licklider note que, dans ce type de configuration où l'utilisateur peut lui-même penser son problème à l'avance et le préformuler, « *l'association symbiotique avec l'ordinateur n'est pas nécessaire.* ». Or les démarches intellectuelles fondées sur la programmation comportent de sérieuses limites, car certains types de problèmes ne peuvent être pensés à l'avance ou programmés. Citant Poincaré (« *la question n'est pas : quelle est la réponse ? La question est : quelle est la question ?* »), Licklider inscrit sa notion de « symbiose homme-ordinateur » dans cette catégorie de problèmes, où la question est plus importante que la réponse. L'objet principal de la Symbiose homme-ordinateur est donc de faire intervenir les ordinateurs dans le questionnement, la formulation des problèmes et non plus seulement dans le traitement des données. N'annonce-t-il pas ici les « systèmes experts » et tous les systèmes d'aide à la décision ?

Le deuxième objectif annoncé de la « symbiose », *i.e.* l'intervention de l'ordinateur dans les processus cognitifs en temps réel, est bien entendu lié au premier. Si l'on veut que l'ordinateur intervienne dans la formulation de problèmes, il faut qu'il puisse le faire « en temps réel », à la même vitesse que la pensée. Cette nécessité socio-technique conduit Licklider à une critique sévère du système en vigueur dans les ordinateurs d'alors, le traitement par lots : il imagine ainsi l'exemple, forcément absurde, d'une bataille dirigée à l'aide d'un ordinateur fonctionnant « en différé » et qui serait perdue avant la deuxième étape du traitement des données[10].

---

[9] Pour Licklider, les résultats attendus de l'IA seront très longs à venir : selon les conclusions de son étude multidisciplinaire menée chez BBN sur les problèmes futurs de Recherche et Développement de l'*US Air Force*, il faudrait attendre 1980 pour voir des résultats significatifs de l'IA dans le domaine militaire. Licklider pense, quant à lui, que cinq années peuvent suffire à développer la Symbiose homme-ordinateur.

[10] Nous citons *in extenso* la démonstration de Licklider « *Imagine trying, for example, to direct a battle with the aid of a computer on such a schedule as this. You formulate your problem today. Tomorrow you spend with a programmer. Next week the computer devotes 5 minutes to assembling your program and 47 seconds to calculating the answer to your problem. You get a sheet of paper 20 feet long, full of numbers that, instead of providing a final solution, only suggest a tactic that should be explored by simulation. Obviously, the battle would be over before the second step in its planning was begun. To think in interaction with a computer in the same way that you think with a colleague whose competence supplements your own will require much tighter coupling between man and machine*

Pour que l'ordinateur soit en interaction avec la pensée, il faut un « couplage » entre l'homme et la machine beaucoup plus étroit et donc une possibilité technique de temps réel.

Quels sont les pré-requis techniques nécessaires à la réalisation de cette association coopérative ? En bon ingénieur de l'informatique, Licklider détaille dans son article les domaines de recherche, dans lesquels des développements significatifs devront être accomplis au préalable, à savoir : le *time-sharing*, les composants et l'organisation des mémoires, les langages de programmation et les équipements d'entrée et sortie. On voit que le champ est large et couvre une bonne partie des domaines de recherche de l'informatique.

Cet article fondateur n'ouvre pas seulement une voie nouvelle à la recherche informatique : sans développer de réflexion théorique sur la « question de la technique », Licklider exprime néanmoins une conception des rapports hommes-techniques continuiste et médiologique avant l'heure. La référence à la notion de symbiose, au centre de sa conception de l'ordinateur, est particulièrement explicite. Pour la définir, il emprunte bien entendu à la biologie, à partir de l'exemple de la pollinisation du figuier par un seul insecte et de la relation d'interdépendance, de l'association intime entre les deux organismes qui en résulte, chacun ayant besoin de l'autre pour vivre. Pour lui, la « Symbiose homme-ordinateur » n'est qu'une nouvelle sous-classe des nombreux systèmes hommes-machines, qu'il s'agit de penser en termes de couplage.

Ainsi :

> *« les ordinateurs peuvent faire volontiers, bien et rapidement beaucoup de choses difficiles ou impossibles pour l'homme, et les hommes peuvent faire volontiers et bien, pas moins rapidement, beaucoup de choses difficiles ou impossibles pour les ordinateurs.»*[11].

D'où la nécessité d'une « *coopération symbiotique* » entre les deux, qui « *pourrait être d'une grande valeur* ».

Le psycho-acousticien, marqué par la cybernétique, s'inscrit ici dans la longue lignée des penseurs de la « co-évolution hommes-techniques» et du couplage hommes-machines, etc.. Ce thème du couplage homme-machine se retrouve par exemple chez Samuel Butler (avec *Erewhon*), chez Simondon (avec la notion d'ensemble technique et la relation de l'homme « chef d'orchestre » de ces ensembles techniques) et surtout chez Leroi-Gourhan, théoricien de l'extériorisation de l'homme par la technique[12].

---

than is suggested by the example and than is possible today. » (J. LICKLIDER, Man-Computer Symbiosis, *art. cit.*, p. 4

[11] J. LICKLIDER, *art. cit.*, p. 6

[12] Il faudrait également citer les biologistes Varela et Maturana, chez qui la notion de couplage structurel est également centrale.

Quel a été l'impact de ce texte, considéré aujourd'hui comme l'un des textes fondateurs de l'informatique interactive ?

Une occasion importante d'affirmer son rôle de théoricien et de visionnaire de l'informatique sera offerte à Licklider en 1961, lors de la Conférence du Centenaire du MIT que nous avons déjà évoquée. Son intervention semble avoir fait date devant cet auditoire prestigieux. Cette conférence lui permet de développer publiquement son concept de « symbiose homme-ordinateur » et d'affirmer fortement la nouvelle voie qu'il propose à la recherche informatique émergente, celle de l'ordinateur-outil intellectuel, complétant et éclairant les activités et les processus cognitifs humains. Ainsi déclare-t-il :

> *« par sa contribution à la formulation de la pensée (...), l'ordinateur nous aide à comprendre la structure des idées, la nature des processus intellectuels »*[13].

Si la « symbiose homme-machine » semble avoir rencontré un écho certain au début des années 60, son influence à plus long terme ne fait en revanche aucun doute, si l'on en juge par le nombre de citations et de commentaires suscités, notamment chez les différents acteurs d'ARPANET. Ainsi Robert W. Taylor, dans sa préface de l'ouvrage publié en hommage à Licklider en 1990 par la société DEC, « *In Memoriam : J.C.R. Licklider* », rappelle, entre autres louanges des multiples acquis dont les informaticiens lui sont redevables, le caractère prémonitoire de « *Man-Computer Symbiosis* » qui « *a fourni un guide à suivre pour des décennies de recherche en informatique*. » [14]

Cette vision des relations entre les hommes et les ordinateurs, refusant tout à la fois l'homme remplacé par la machine et l'homme au service de l'ordinateur, ouvre la voie à une conception interactionniste, toujours féconde aujourd'hui. Plus immédiatement, elle fournit un cadre théorique important à tous les pionniers de l'informatique interactive.

3.4.1.2 La prémonition des « bibliothèques virtuelles » et de la numérisation

L'évocation d'une autre recherche menée par Licklider à peu près à la même époque nous montre, non seulement l'extraordinaire polyvalence de ce chercheur, la diversité et l'étendue de ses réseaux relationnels, mais aussi la circulation des idées, la percolation des concepts de

---

[13] M. et R. HAUBEN, *op. cit.*, p. 84

[14] Digital Systems Research Center, *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990*, Digital Equipment Corporation, 1990, p. 4

l'informatique, passant de la recherche théorique aux applications militaires et bibliothéconomiques.

Quelques mois après la publication de *Man-Computer Symbiosis*, Licklider, qui travaille toujours chez BBN, va avoir l'occasion d'appliquer ses conceptions novatrices d'un autre rôle possible de l'ordinateur, sur un terrain qui ne cessera de l'intéresser : celui des bibliothèques et de la recherche d'information.

En novembre 1961, il commence ainsi une recherche chez BBN sur « *l'utilisation de l'ordinateur dans le stockage, l'organisation et la recherche de l'information* ». Ce travail, mené sur le PDP-1, est en fait l'une des premières applications pratiques du système de *time-sharing*, que l'équipe de Fredkin a commencé à implanter. L'étude porte plus précisément sur l'impact de l'ordinateur sur les bibliothèques (déjà !) et elle est commanditée par le *Council on Library Resources.* Elle durera deux ans. Mais Licklider et ses associés[15] s'intéressent surtout aux bases de connaissance, aux systèmes hommes-machines interactifs et aux procédés de stockage de l'information[16], plutôt qu'à l'utilisation des ordinateurs dans les bibliothèques. Selon Licklider, ces sujets de recherche sont alors dans l'air du temps, puisque l'équipe du futur Xerox PARC travaille également sur le même thème.

Au cours de cette étude, Licklider et son équipe seront très soutenus par le Directeur du *Council*, Verner Clapp, en dépit de la méfiance de celui-ci pour les ordinateurs. La recherche, sans doute perturbée à partir de novembre 62 par le départ de Licklider pour l'ARPA, n'en continuera pas moins et se terminera en novembre 1963, lorsque Licklider remettra son rapport final à Verner Clapp. Ce dernier, enthousiasmé par la qualité du travail de l'équipe de Licklider, fera publier le rapport par le MIT en 1965. L'ouvrage paraîtra ainsi, aux MIT Press, sous le titre « *Libraries of the future* ».

On peut voir dans cet ouvrage la prémonition de la notion de « bibliothèque virtuelle ». En effet, Licklider y développe une vision étonnante d'un futur réseau de la connaissance et de l'information, sorte de « bibliothèque virtuelle » avant la lettre. Il décrit les avancées technologiques qui vont se produire d'ici à l'an 2000 (représentant le « futur ») et qui rendront possible la création d'un réseau national d'ordinateurs contenant tout le savoir disponible. Différents dispositifs sophistiqués permettront aux utilisateurs de communiquer et d'obtenir toutes les informations pertinentes. Licklider anticipe également sur la numérisation généralisée

---

[15] Bertram Raphael, R. Kain et Daniel Bobrow.

[16] Fredkin, un autre chercheur de BBN, publiera pendant cette étude un article intitulé « *TRIE Memory* » , présentant un système de stockage d'information basé sur la notion de pointeurs et d'index. Licklider et lui travaillent sur une machine du Lincoln Lab*oratory* (7094 ou 7090) à l'expérimentation de ce système de recherche par index alphabétique (sorte de précurseur des recherches sur les mots du titre ou d'une phrase).

puisqu'il prédit que ce « *système dynamique n'aura pas besoin de livres ou de documents physiques* », car « *des techniques de recherche affinée, des écrans d'affichage et des méthodes d'impression rapide rendront ces artefacts passifs superflus* »[17]. Ne peut-on voir là une prémonition de l'Internet actuel et de la trilogie de base de la recherche d'information sur le web : moteurs de recherche, interfaces graphiques et imprimantes ?

Licklider fonde ses intuitions sur le postulat économique selon lequel « *l'interaction avec l'information et la connaissance constituera 10 ou 20 % de l'activité totale de la société* », se posant comme véritable prophète de la « société de l'information ».

Dernière remarque sur ce livre essentiel dans l'oeuvre de Licklider et, probablement, dans l'histoire des bibliothèques et des systèmes d'information : la référence à Vannevar Bush, qui mérite d'être soulignée. Non seulement Licklider dédicace son livre au Dr Vannevar Bush, mais l'auteur de « *Libraries of the future* » s'inscrit explicitement dans la lignée des intuitions de l'auteur de « *As we may think* » : il crédite ainsi, dans la préface de son livre, l'article de Bush comme ayant eu, pour lui, « *la plus grande influence extérieure* » sur ses idées[18]. De son côté, Verner Clapp, le Directeur du *Council on Library Resources*, établit dans son avant-propos au livre de Licklider une relation directe entre les prémonitions de Bush et son projet hypertextuel de Memex, permettant à chacun de stocker, de relier et de retrouver l'information pertinente, et le travail de Licklider sur les « bibliothèques du futur ».

Outre la prospective sur l'avenir des bibliothèques, Licklider et ses associés publieront également un autre article dans le fil de cette recherche menée pour le Conseil des Bibliothèques. En octobre 1966, la revue *American Documentation* publie ainsi un article de Licklider, co-écrit avec Daniel Bobrow, R. Kain et Raphael Bertram, *« A Computer-Program System to Facilitate The Study of Technical Documents* ». Les auteurs y présentent le *Symbiont*, un système informatique développé par Licklider et son équipe, permettant de stocker, rechercher et afficher des documents ou des extraits de documents[19].

---

[17] J. LICKLIDER, *Libraries of the Future*, MIT Press, 1965 ; résumé de la notice de l'ouvrage dans *Information Science Abstract*, sur le serveur DIALOG, 1998.

[18] Peut-être peut-on voir là un simple gage d'allégeance intellectuelle plutôt convenu, car Licklider reconnaît que, s'il avait beaucoup entendu parler depuis longtemps de l'article de 1945, il venait seulement de le lire, après avoir mené l'essentiel de ses recherches pour le *Council of Libraries*...

[19] Conçu pour développer l'aide de l'ordinateur à la recherche, le *Symbiont* permet la « semi-automatisation » de la prise de notes, facilite la manipulation et la comparaison de graphes et permet la recherche d'extraits de textes à partir de mots ou de phrases. Il s'agit là des résultats des travaux menés chez BBN quelques années auparavant, lorsque Licklider et son équipe cherchaient à construire un système de traitement de la documentation technique.

Ainsi la documentation et les problématiques de la recherche de l'information ont été pour Licklider l'un des terrains privilégiés d'expérimentation de sa conception de la « symbiose » hommes-ordinateurs. Et qu'il s'agisse de ses recherches pour l'*US Air Force*, de ses travaux théoriques, de ses expérimentations techniques de *time-sharing* sur le PDP-1, de cette étude menée pour les bibliothèques, de ses multiples interventions, toutes les activités de Licklider entre 1960 et 1962, vont faire de lui un véritable « missionnaire » de l'informatique interactive.
Mais Licklider, aussi important soit-il dans l'émergence de ce nouveau paradigme, n'est pas le seul et il faut présenter ici un autre acteur et théoricien de ce modèle d'ordinateur : Douglas Engelbart.

3.4.2 Engelbart ou l'ingénierie des interfaces

Engelbart est un personnage célèbre de l'informatique, à qui l'on doit la plupart des innovations majeures concernant les interfaces, dont la souris. Pionnier des interfaces graphiques, de l'hypertexte, des « collecticiels », Engelbart jouera également un rôle important dans l'émergence d'ARPANET.
Mais pour l'heure, *i.e.* au tournant des années 50-60, Engelbart n'a pas encore « percé ». Nous retracerons donc en premier lieu son parcours initial, qui le conduira à devenir également un « point de passage obligé » de l'émergence d'ARPANET.

3.4.2.1 L'influence de Bush, la formation initiale en électrotechnique

L'évocation de la formation initiale d'Engelbart permettra de mieux cerner le parcours de cet acteur qui, à la différence des autres (Licklider, McCarthy, Fano, Kleinrock, Roberts), est le premier personnage provenant de la côte Ouest et qui n'est, ni issu du MIT ni passé par le moule de la cybernétique. Engelbart inaugure d'une certaine manière la « part californienne » de l'informatique naissante, dont il sera pendant longtemps l'une des figures emblématiques.

Si l'on veut retracer depuis le début la carrière de ce célèbre chercheur, né en 1925 à Portland (Oregon), il faut commencer par évoquer cet autre grand nom de la recherche américaine, Vannevar Bush, auteur de l'article fondateur de l'hypertexte, « *As We May Think* », publié en juillet 1945. En effet, selon le propre témoignage d'Engelbart[20], la lecture de l'article de Bush

[20] Voir notamment sa lettre à V. Bush : D. ENGELBART, Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness, *In* J. NYCE, P. KAHN, Paul (sous la dir. de), *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine*, Academic Press, 1992. p. 235-244

aura constitué pour lui une sorte « d'illumination », qui orientera et guidera tous ses travaux ultérieurs[21]. Cette lecture décisive, qui orientera ses futurs travaux, survient dans un contexte et sur un « terrain » déjà propices. Car c'est au cours de la guerre, lors de sa première expérience de travail sur des écrans de radar dans un environnement machinique complexe, que s'ébauche l'intuition, qui ne le quittera plus, des potentialités des interfaces hommes-machines.

Après sa démobilisation de l'armée en 1946, Engelbart commence des études en électrotechnique[22], qui le mèneront en 1957 à un poste de chercheur au prestigieux *Stanford Research Institute* (SRI, devenu SRI International) de l'Université de Stanford.

Sa formation initiale est achevée et c'est à partir du SRI que commence, à 32 ans, sa carrière de chercheur, qui le conduira aux sommets de la « *computer science* ».

Pendant ses deux premières années au SRI, Engelbart travaille d'abord dans son domaine d'excellence, celui des composants magnétiques d'ordinateur. Mais on peut penser qu'il consacre une bonne part de son activité à l'élaboration de son programme de recherche et à la mise en place du laboratoire, qui sera son cadre de recherche pendant près de 20 ans.

3.4.2.2 La problématisation de « l'augmentation »

Au cours de ces années 40-50 de formation initiale et de maturation intellectuelle, prend corps peu à peu ce qui sera l'obsession de toute sa vie : l'amélioration de l'efficacité intellectuelle de l'individu et de la capacité à résoudre des problèmes complexes. Cette préoccupation, qu'Engelbart fait remonter aux années de guerre et à la lecture de l'article de Bush, prendra le nom « *d'Augmentation* », ou plus tard de « *Bootstrapping* ». Le nom de Doug Engelbart sera désormais indissolublement lié à cette notion, qui recouvre l'ensemble de ce « processus de traduction », amorcé à la fin des années 50 au SRI.

---

[21] Rappelons l'anecdote, devenue célèbre dans l'histoire de l'hypertexte. A l'automne 1945, le jeune Engelbart, alors technicien radar de l'US *Navy* attend sa démobilisation sur l'une des îles Philippines. Au cours de ses lectures dans une bibliothèque de la Croix Rouge, en bordure de la jungle, il tombe par hasard sur l'article de Bush, qui vient d'être re-publié dans une autre version par la revue *Life*, et il va lire « avec avidité », selon son expression, le célèbre article *« As we may think »*..

[22] Dès l'obtention de son premier diplôme technologique, le *BS* (*Bachelor of Sciences*, ou *Bachelor's Degree)* en *Electrical Engineering* de l'Université de l'Oregon, Engelbart travaille de 1948 à 1951 comme ingénieur électricien, au *NACA Ames Laboratory* à Mountain View (Californie) (rappelons que le NACA est devenu la NASA en 1958). Mais, lassé de travailler sans véritable but, il quitte le NACA en 1951 et commence alors à formuler l'objectif de ses recherches, ce qui le décide à reprendre ses études. Il retourne alors à l'Université de Californie de Berkeley pour continuer sa formation et, après avoir décroché en 1952 le *Engineers Degree* (*Master*), obtient en 1955 le *PhD* en *Electrical Engineering.* Recruté comme professeur assistant d'Electrotechnique à l'Université de Berkeley, il y reste deux ans avant d'entrer au SRI.

« L'augmentation » ne saurait être vue seulement comme la théorie d'un chercheur original. Elle exprime littéralement toute la démarche d'Engelbart, la problématisation à laquelle il va s'identifier, puis l'ensemble des moyens humains et matériels qu'il mobilisera et au final, « l'acteur-réseau » qu'il réussira à constituer autour de lui : un réseau reliant des acteurs humains (lui-même et son équipe), des moyens matériels, un cadre de travail (le laboratoire de l'ARC), un programme de recherche, des soutiens extérieurs, différents textes et rapports, un ensemble de conceptions originales sur les processus d'apprentissage et les ordinateurs, de nombreux artefacts et des innovations de toutes sortes (la souris), des projets techniques importants (H-LAM), etc..

Avant de devenir cet « acteur-réseau » majeur de l'informatique américaine, comment cette problématisation de l'Augmentation va-t-elle émerger et sur quoi porte-t-elle ?

Selon Engelbart lui-même, ses intuitions et ses idées originales sur l'ordinateur, comme outil possible d'aide au travail intellectuel, se heurtent d'abord pendant plusieurs années à l'incompréhension et au rejet, y compris au SRI. Ce n'est que vers la fin des années 50, lorsque le climat général de la recherche informatique commence à changer, qu'Engelbart parvient à faire reconnaître son projet par le SRI. 1959 marque ainsi une étape importante dans son parcours, puisque c'est l'année de fondation de son laboratoire de recherche sur « *l'augmentation* » : l' ARC (*Augmentation Research Center*). Bien qu'ayant peu de détails sur les modalités de cette problématisation réussie, il est frappant d'observer que dans la « stratégie » d'Engelbart mise en oeuvre dès 1957, la création d'un cadre de travail et la constitution d'une équipe précèdent la formulation explicite et la théorisation des projets de recherche.

Ce laboratoire, que dirigera Engelbart jusqu'en 1977, comprendra jusqu'à 47 personnes et sera le terrain d'expérimentation de ses intuitions sur l'hypertexte et sur les interfaces. Pendant les années 60, l'ARC sera ainsi l'un des principaux foyers de la recherche informatique et nous verrons plus loin comment il deviendra un maillon essentiel dans la mise en place d'ARPANET.

A partir de 1959, Engelbart parvient en deux ans à jeter les bases d'un véritable programme de recherche sur « l'efficacité intellectuelle humaine ». Les temps ont changé, les thèmes et les potentialités d'une nouvelle informatique commencent à émerger et le SRI, comme le MIT, est l'un des lieux les plus propices à l'innovation. Engelbart, à la recherche de soutien, arrive donc à intéresser son institut de recherche et surtout à recruter un allié extérieur de poids, l'AFOSR (*Air Force Office of Scientific Research*), l'agence de l'Armée de l'Air, source importante de financement de la recherche informatique.

3.4.2.2.1 Une nouvelle étude civile pour l'armée

Ainsi en mars 1961, Engelbart obtient-il le soutien financier de l'OSR de l'Air Force pour son programme de recherche sur « l'augmentation ». Un contrat est signé et l'étude peut commencer[23].

Il faut noter que cet organisme de recherche de l'Armée de l'air est également le commanditaire de l'étude de Licklider, menée deux ans plus tôt chez BBN sur la notion de système. Au-delà de cette nouvelle illustration de l'étroite coopération entre universitaires et centres de recherche de l'armée, une certaine similitude entre les deux recherches mérite d'être soulignée : elles ont le même destinataire et surtout le même caractère spéculatif, abstrait, qui dénote l'aspect très peu militaire de certains projets de recherche communs entre l'armée et les universités. L'on commettrait donc un total contresens à voir dans tout projet commun universités/Pentagone, mené pour le compte de l'armée, une finalité directement militaire ou stratégique. Les choses sont plus compliquées et les agences militaires de recherche financent souvent des recherches théoriques et civiles.

Cette recherche va donner à Engelbart l'occasion de formuler, de théoriser et de publier ses intuitions de la première heure sur « l'augmentation » et débouche en octobre 1962 sur un rapport de 134 pages : « *Augmenting Human Intellect : A Conceptual Framework* »[24]. Avant de remettre son rapport à l'AFOSR et au SRI, Engelbart sollicite un soutien extérieur capital, qu'il est intéressant de mentionner ici. En effet, le 24 mai 1962, il envoie une longue lettre à son

---

[23] Engelbart va réaliser cette recherche sous le double parrainage du SRI (son institution de référence) et du *Directorate of Information Sciences* (Conseil d'Administration des Sciences de l'Information) de l'*Air Force Office of Scientific Research* (Bureau de l'Armée de l'Air de la Recherche Scientifique). Le projet est supervisé par Rowena Swanson.

[24] Ce rapport de recherche, publié d'abord de manière confidentielle dans les *Summary Report* du SRI, sera repris et donnera matière à l'essai, publié en 1963, « *A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect* », considéré comme l'oeuvre majeure d'Engelbart et l'un des textes fondateurs de la notion d'hypertexte.
Voir D. ENGELBART, *Augmenting Human Intellect : A Conceptual Framework.* [En ligne], Stanford Research Institute, 1962, 134 p. Disponible sur WWW :
<http://www-leland.stanford.edu/class/history204i/Engelbart/Engelbart_AugmentIntellect.html>

inspirateur, Vannevar Bush[25] : d'une part pour exprimer toute sa reconnaissance et sa gratitude intellectuelles à celui qui est à l'origine de ses recherches et pour lui demander l'autorisation de citer des extraits de *As we may think*, d'autre part pour présenter son travail au père fondateur de l'hypertexte. Cette lettre, véritable trace du processus historique de l'hypertexte, dans laquelle Engelbart revient sur sa lecture de 1945, témoigne de la grande influence intellectuelle de Bush sur les pionniers de l'hypertexte[26]. Nous avions déjà relevé la filiation théorique entre Bush et Licklider, l'un des premiers acteurs de l'informatique interactive à se réclamer de l'inventeur du Memex. Après le rapport sur « l'augmentation », le réseau conceptuel de l'informatique interactive reposera sur un solide « trépied » théorique : Bush, Licklider et Engelbart.

3.4.2.2.2 L'augmentation : une notion difficile à cerner

Que recouvrent au juste cette notion et ce terme, inhabituel dans ce contexte, « d'augmentation » et de quel « cadre conceptuel » (*conceptual framework*) s'agit-il ? Qu'est-ce qui doit être « augmenté » pour le chercheur du SRI ?

Rien de moins que « l'intellect humain », l'efficacité intellectuelle des individus, confrontés à la résolution de problèmes complexes. Ainsi que le précise Engelbart dans le résumé de son rapport, ce texte se veut une « *vue d'ensemble de l'augmentation de l'intellect humain* ». Il définit cette augmentation de l'intellect comme le développement de « *la capacité d'un homme à aborder une situation de problème complexe (...) et à trouver des solutions aux problèmes* » [27].

Cette idée d'augmentation peut être comprise comme la recherche d'une méthode générale ou d'un système d'aide à la résolution de problèmes, valable pour toutes les situations complexes, toutes les disciplines et domaines scientifiques et tous les types de problèmes. Selon l'auteur lui-même, il s'agit là d'une hypothèse, selon laquelle « *l'efficacité intellectuelle d'un être humain peut être améliorée de manière significative par une approche de type « ingénierie », visant à re-concevoir les composants variables d'un système.* »[28]. Par « système », Engelbart entend l'ensemble des processus, des capacités et des moyens utilisés par l'homme, en interaction étroite avec

---

[25] D. ENGELBART, Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness, *In* J. NYCE, P. KAHN, Paul (sous la dir. de), *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine*, Academic Press, 1992. p. 235-244

[26] Il semble, en revanche, que les deux hommes n'ont pas eu de contact personnel direct et Vannevar Bush ne répondra pas lui-même à Engelbart, faisant envoyer l'autorisation demandée par sa secrétaire.

[27] D. ENGELBART, *Augmenting Human Intellect : A Conceptual Framework*, [En ligne], *op. cit.*, Introduction.

l'ordinateur, pour « traiter l'information » (au sens le plus large possible). C'est dans cette perspective très générale de la recherche d'une plus grande efficacité des processus de l'intellect qu'Engelbart élabore ce qu'il appelle un « cadre conceptuel », apparaissant à la fois comme une théorie interactionniste de l'apprentissage et une approche nouvelle de l'ordinateur.

3.4.2.2.3 Une démarche globale, une conception systémique

Dans son rapport de 1962, le caractère global de la démarche et de la vision d'Engelbart apparaît de manière frappante sous trois aspects :

- d'abord dans l'objet ou le champ d'application de sa notion d'augmentation : tous les domaines et toutes les situations où des problèmes complexes (politiques, scientifiques, organisationnels, économiques...) doivent être résolus, sont concernés.

- ensuite dans la perception des enjeux de « l'augmentation » : compte-tenu de la complexité croissante des problèmes à affronter, liée aux évolutions démographiques et économiques, la recherche d'une plus grande efficacité et d'une meilleure gestion des problèmes devient un enjeu social et économique de premier plan. Pour Engelbart, les finalités de son projet se confondent avec celles d'une société éclairée et l'on retrouve ici certaines prémisses de la cybernétique sur les limites humaines dans le traitement de la complexité.

- enfin la vision systémique ressort clairement des explications fournies par Engelbart sur l'ensemble des « moyens » qu'il envisage pour augmenter l'intelligence humaine. Considérant « *le système entier d'un être humain et de ses moyens augmentés comme un champ spécifique de recherche* », il insiste sur la nécessité d'appréhender « *cet ensemble comme un jeu de composants interactifs plutôt que de considérer chaque élément séparément*. »[29].

La recherche d'un « cadre conceptuel », permettant de penser et de réaliser ces différents moyens « d'augmentation » de l'efficacité humaine, s'inscrit donc sous les auspices d'une conception systémique et interactionniste de l'intelligence et de la technologie.

3.4.2.2.4 Une intuition médiologique

L'intuition de départ d'Engelbart est politique, au sens large du terme : pour affronter les problèmes de plus en plus urgents et complexes posés par l'évolution de la société, les hommes

---

[28] *Op. Cit.*, Summary
[29] *Op.cit.*, I. Introduction

n'ont pas seulement besoin de leur intelligence naturelle ou de leur force physique, mais ils doivent utiliser des outils, des méthodes et des stratégies efficaces.

Les présupposés (*background*) de sa démarche, définis dans sa lettre à Vannevar Bush, rejoignent ceux de toutes les approches médiologiques : les individus, pour résoudre ou représenter la plupart des problèmes de la vie réelle, ne peuvent se contenter de leurs ressources naturelles (capacités de mémorisation, de représentation mentale). Ils ont besoin de représenter les concepts, les idées, avec des mots, des nombres, des lettres, des dessins, des graphes, etc. : *i.e.* des symboles.

Généralement, ce sont des marques sur le papier qui sont utilisées pour « augmenter » nos capacités de visualisation et de mémorisation. Engelbart anticipe ici sur certaines notions fondamentales de l'approche médiologique des techniques, comme le rôle des traces et des inscriptions dans la science et la technologie (Latour-Callon), ou bien l'impossibilité de la pensée hors de ses supports (Stiegler). Cette volonté de prendre pour point de départ de sa réflexion le rôle crucial mais invisible des médiations techniques dans les processus cognitifs, marque la précocité de la démarche d'Engelbart, à l'heure de l'essor des pensées de la médiation. Dans cette fameuse lettre à Bush, il développe également ce qu'il nomme son hypothèse fondamentale :

> *« la capacité d'un individu donné à contrôler la manipulation externe, en temps réel, des symboles, pour répondre aux besoins répétés minute par minute de ses processus mentaux, a un effet profond sur la structure globale des concepts et des méthodes utilisés dans son activité intellectuelle »*[30].

On voit clairement affichée ici l'intuition de la « logique des outils » et de l'écologie cognitive, selon laquelle nos représentations du monde ou notre capacité à résoudre les problèmes dépendent en partie de notre capacité à manipuler les symboles, à utiliser les outils.

Dès lors, l'objectif central de sa recherche découle en toute logique de cette intuition initiale. Il s'agit « *d'utiliser le meilleur de la technologie pour développer ce pouvoir de manipulation symbolique de l'homme, et ensuite d'explorer les possibilités qui en résultent pour réorganiser, redéfinir sa structure de concepts et de méthodes, en vue de rendre plus efficace la résolution des problèmes*. ». Autrement dit, il s'agit d'améliorer les outils de l'intelligence pour rendre plus « intelligents » les humains[31].

---

[30] D. ENGELBART, Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness, *op. cit.*, p. 238

[31] Selon une « approche critique » des techniques, on peut voir là une nouvelle incarnation des utopies technicistes américaines ou, à tout le moins, une confiance presque naïve dans le pouvoir salvateur des outils de l'intelligence. Mais il ne nous importe ni de critiquer ni d'encenser la démarche d'Engelbart ; il s'agit avant tout de la comprendre, pour pouvoir en mesurer les implications concrètes dans le processus d'émergence d'un nouveau modèle de l'ordinateur.

A partir de ces postulats va émerger une nouvelle vision de l'ordinateur : ce n'est pas seulement un moyen de calcul ou un instrument mathématique, mais « *un manipulateur de symboles* ».

3.4.2.2.5 Le système *H-LAM / T :* une nouvelle voie de l'ordinateur

Ce cadre conceptuel, définissant les moyens de « l'augmentation », sera évidemment orienté vers « *les réelles possibilités et les problèmes liés à l'utilisation des technologies modernes* ». L'objectif de ce cadre conceptuel :

> *« apporter une aide directe à un individu dans la compréhension de situations complexes, l'isolement des facteurs significatifs et la résolution de problèmes »*[32].

Engelbart procède à un examen préalable des moyens utilisés par un individu pour atteindre son « niveau actuel d'efficacité » et il commence par faire la démonstration, évidente, des limites des canaux sensoriels humains dans le traitement de l'information reçue du monde extérieur[33].

Puis il entreprend l'étude de ce qu'il nomme « moyens d'augmentation » (*augmentation means*), qui permettent à l'être humain d'enrichir ses capacités « de base » en vue de l'appréhension et de la résolution de problèmes de plus en plus complexes. Il distingue ainsi quatre types de classes de moyens pour augmenter les capacités humaines :

- les artefacts, permettant la manipulation des objets mais aussi des symboles ;
- le langage, avec lequel on peut manipuler des concepts ;
- la méthodologie, entendue au sens large de l'ensemble des méthodes, des procédures et des stratégies permettant l'organisation de l'activité ;
- enfin la formation, condition indispensable pour utiliser efficacement les trois premiers « moyens d'augmentation ».

Et le système à développer se devra d'intégrer tous ces composants de base de « l'augmentation » de l'intelligence.

Reconnaissant la progression des apprentissages comme la caractéristique essentielle de tout processus d'apprentissage, Engelbart développe l'idée d'emboîtement de processus de base et de processus plus complexes, comme étant au coeur de tout processus cognitif ou de toute action.

---

[32] *Op. Cit.,* II. Conceptual framework, p. 1

[33] Prenant l'exemple d'un aborigène possédant toutes les capacités de base sensori-motrices, mais non le « background » de la « *connaissance indirecte et des procédures* » (il ne peut pas conduire une voiture, acheter un livre, appeler quelqu'un au téléphone, etc.), Engelbart développe une approche médiologique sur le rôle des artefacts utilisés pour améliorer les capacités humaines de perception et de traitement de l'information et d'action sur le monde. Cette insistance mise sur les techniques d'information (au sens très large) n'est pas sans évoquer la thèse de Goody sur la coupure entre sociétés écrites et orales.

Dès lors, l'un des problèmes posés est celui de la nature des « sous-processus de base », de niveau inférieur, qui sont au fondement de toute activité cognitive et qui ne peuvent se subdiviser : existent-ils dans le monde physique ou dans les limites de l'esprit humain ?

A partir de l'exemple de l'écriture d'un texte, faisant appel à différents processus et sous-processus de différents niveaux (dans la mise en page, l'écriture, etc.), Engelbart avance l'hypothèse suivante : quelle est la possibilité pour un individu de se constituer une sorte de « *répertoire de ses capacités individuelles* » ? Il compare ce répertoire à une « boîte à outils », dont le travailleur intellectuel (*the intellectual worker* est la figure emblématique de l'usager potentiel du système d'Engelbart, comme le montre bien Bardini[34]) doit connaître les éléments, les caractéristiques de chaque outil, les méthodes d'utilisation.

Dans ce « répertoire individuel », cette boîte à outils de tout travailleur intellectuel, l'ingénieur distingue trois grandes catégories de « *capacités processuelles* », *i.e.* de capacités de traitement de l'information :

- les « *capacités processuelles explicitement humaines* », exécutées totalement dans le cerveau humain ;
- les « *capacités processuelles explicitement artificielles* », exécutées par des artefacts sans intervention humaine ;
- et les « *capacités composites* », « *issues des hiérarchies contenant les deux premières* ».

C'est à partir de ces distinctions et de ces incursions dans un domaine proche de la psychologie cognitive, que Douglas Engelbart propose son système baptisé du curieux acronyme H-LAM/T (*Human using Language, Artifacts, Methodology, in which he is Trained*), un système qui aurait, selon lui, « *la capacité et la possibilité d'assurer les processus à tous les niveaux d'utilisation de ce répertoire* »[35].

---

[34] Voir notamment l'étude éclairante et très documentée de Bardini et Horvath : T. BARDINI, A. HORVATH, The Social Construction of the Personnal Computer User, *Journal of Communication*, été 1995, vol. 45, n° 3. p. 40-65

[35] Pour illustrer son système H-LAM/T, Engelbart prend de nouveau l'exemple des processus d'écriture mis en oeuvre pour une note importante (ce qu'on appelle couramment un memorandum). Après avoir rappelé le concept lié à la définition de ce type d'écrit, à savoir un « *certain traitement de l'information, présentée selon des règles formelles, et distribuée à un public précis en vue d'un objectif précis* » il établit que le processus d'écriture d'une note correspond à un ensemble d'au moins cinq « compétences processuelles » : le suivi d'un plan, le développement du sujet, la composition du texte, la production d'une copie et sa distribution. Plusieurs types de processus interviennent dans cette sorte d'écrit, qu'Engelbart détaille de la manière suivante :

- pour une note simple et courte, les trois premiers processus sont du type « explicitement humains » et les deux derniers du type « composite ». Entendons par là que le rédacteur d'une note brève peut réaliser entièrement dans sa tête le plan, le développement et la composition de la note et pourrait n'utiliser des artefacts (stylos, papier, photocopieuse) que pour la production et la diffusion.
- pour une note plus complexe, tous les sous-processus sont de type « composite », incluant au minimum l'utilisation des artefacts du stylo et du papier. Ce recours aux artefacts donne alors la possibilité d'avoir différentes

Une illustration des possibilités de ce nouveau « cadre conceptuel » de l'apprentissage et de la cognition est donnée par Engelbart sous la forme suivante : si une innovation technique permettait de composer et de modifier l'écriture d'un texte (et donc les « *capacités processuelles de niveau inférieur* »), quelles seraient les modifications apportées à « *la hiérarchie des compétences* » ? Rétrospectivement, cet exemple est tout à fait saisissant, car que décrit ainsi le chercheur dans son rapport de 1962 ? Une « *nouvelle machine à écrire* », qui permettrait de modifier la forme des caractères au moyen d'un « *gadget que l'on tient comme un crayon* » et qui pourrait pointer certaines zones sensibles, une machine qui offrirait la possibilité de réarranger, modifier, compléter les ébauches d'un texte. Autrement dit, il décrit et annonce là de manière très précise certaines de ses inventions ultérieures majeures, notamment la souris, les interfaces graphiques et les fondements du traitement de texte.

Au-delà du caractère prémonitoire de cette « vision » technique, l'argumentaire et la conception des outils dans lesquels elle s'inscrit nous paraissent plus intéressants à relever. Pour Engelbart, le véritable intérêt des possibilités techniques de cette « nouvelle machine à écrire », qui permet « *d'utiliser un nouveau processus de composition du texte* », réside dans la possibilité « *d'ajouter plus de complexité dans les pistes de la pensée en construction* », « *d'intégrer de nouvelles idées plus facilement, et donc d'augmenter sa créativité, si l'on peut changer rapidement et facilement son support de travail* »[36]. L'idée fondamentale exprimée ici est qu'une « *nouvelle innovation directe sur une capacité particulière peut avoir des effets lointains sur le reste de la hiérarchie des capacités.* ». Dans la hiérarchie d'ensemble des compétences processuelles, ou des capacités cognitives, une compétence de « haut niveau » pourra être modifiée, « réorganisée », par l'utilisation d'une innovation dans une « capacité de base ». Les innovations d'une nouvelle machine à écrire, citées en exemple, illustrent cette idée de propagation des changements le long de la chaîne des « *compétences processuelles associées* ». Autrement dit, « *une seule innovation peut provoquer une redéfinition plus large de notre hiérarchie* ».

Selon Engelbart, ce processus caractérise la longue évolution des « moyens d'augmentation de l'intellect », commencée depuis le premier cerveau humain et son projet s'inscrit dans la poursuite de cette évolution. Il s'agit de s'orienter, selon une approche systémique, vers « *la*

---

applications de ces sous-processus, à l'intérieur du procès global d'écriture (*i.e.* des versions successives du memorandum...).

Si ces « compétences d'organisation » rendent possible « *l'exécution du procès d'écriture d'un mémo* », il est néanmoins nécessaire de leur ajouter une nouvelle compétence, la « capacité d'exécution » (ou *executive capability*), décrite comme une sorte de capacité à la fois d'innovation et de supervision de l'ensemble des sous-processus... Pour Engelbart, c'est cette dernière compétence « d'exécution » qu'incarne son système H-LAM/T.

[36] D. ENGELBART, *Augmenting Human Intellect : A Conceptual Framework.* [En ligne], Stanford Research Institute, 1962, p. 5

synthèse de nouvelles capacités, à partir de la réorganisation des autres capacités, anciennes et nouvelles. »[37].

Indépendamment de son contenu, que nous ne discuterons pas ici, il faut de nouveau insister sur le caractère global, systémique, voire systématique, du projet d'Engelbart, conçu comme un système à la fois humain et technique, langagier et procédural, conceptuel et méthodologique, capable d'intervenir à tous les niveaux des processus cognitifs. Nous sommes loin d'un projet de recherche strictement « technique » et Engelbart se révèle comme un théoricien de l'apprentissage et des interfaces, doublé d'un « médiologue » avant l'heure.

3.4.2.2.6 Quelles « traductions » techniques et organisationnelles du projet « d'augmentation » ?

Comment Engelbart énonce-t-il les conditions de réalisation technique d'objectifs socio-cognitifs aussi ambitieux ? Et quel « plan de recherche » propose-t-il ?

Dans son explication à Vannevar Bush de son projet sur « l'augmentation » de l'intellect humain par les ordinateurs, il annonce un plan de recherche en deux temps, fondé sur des objectifs à long terme et à court terme :

- à longue échéance, l'objectif essentiel visé est bien une augmentation significative de l'efficacité dans la résolution humaine des problèmes. Il s'agirait, à chaque étape du processus, de pouvoir reconnaître « *les facteurs contrôlables qui limitent le niveau particulier d'efficacité de l'individu* » et de développer les moyens nécessaires pour élever ce niveau.
- à court terme (*i.e.* d'ici deux ou trois ans, pour Engelbart), il s'agirait de « *développer l'efficacité des individus pour des tâches spéciales de résolution de problèmes, de notre propre conception, en utilisant l'approche la plus sophistiquée possible* ». Engelbart propose donc de concentrer l'effort de recherche sur des tâches identifiées et sur ce qui peut être accompli concrètement avec la technologie disponible.

Une fois définis ces objectifs de recherche, Engelbart détaille ce qu'il appelle son « approche générale ». L'ordinateur est bien sûr au centre du dispositif prévu :

> *« un sujet test aura par conséquent un ordinateur digital, dont les capacités sont immédiatement disponibles pour chacune de ses demandes de service. Il communiquera avec l'ordinateur à partir d'une station de travail équipée d'un écran personnel et de dispositifs d'entrée ». « A chaque étape de la recherche, nous ferons un développement coordonné, à la fois des services spéciaux de l'ordinateur programmé, que le sujet peut appeler, et des méthodes spéciales associées pour l'utilisation de ces services, dans la manipulation des symboles ».*[38]

---

[37] *Ibid*.

[38] D. ENGELBART, Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness, *op. cit*., p. 241

Derrière le style parfois obscur d'Engelbart, ne peut-on voir, dans ces « méthodes spéciales associées », une idée des interfaces graphiques, qu'Engelbart et ses associés ne cesseront de mettre au point[39] ?

Sur quels moyens humains doit reposer cette recherche expérimentale originale ? Engelbart estime nécessaire de constituer « *une équipe de huit à dix professionnels, représentant une variété de disciplines* », parmi lesquelles la psychologie, la programmation et l'ingénierie informatique constitueraient le noyau dur ; mais de plus, « *un bénéfice considérable proviendrait de compétences personnelles dans des champs comme l'intelligence artificielle, l'analyse des systèmes, l'ingénierie des écrans, l'étude des cadences, la science du management, la psycho-linguistique et la recherche de l'information*. »[40]. Engelbart, comme Licklider et de nombreux chercheurs américains, se situe résolument dans une démarche multi-disciplinaire, misant sur la fertilisation croisée de multiples approches sur le même objet.

Quant au matériel requis, Engelbart fait une référence explicite au time-sharing :

> *« le coeur de ces équipements expérimentaux devra être un ordinateur digital travaillant en temps réel avec des sujets tests. L'ordinateur doit être hautement flexible en ce qui concerne la quantité de mémoire interne à haute vitesse et le type et la quantité de stockage externe pouvant être ajouté. De plus, l'ordinateur doit se prêter lui-même à une utilisation en temps partagé. »*[41]..

3.4.2.2.7 Une conception « écologique » des technologies intellectuelles

Ces longues citations du rapport comme de la lettre d'Engelbart à Bush montrent clairement, non seulement la finesse d'analyse des processus cognitifs faite par Engelbart, mais surtout la conception systémique ou médiologique des outils intellectuels. Engelbart exprime concrètement cette idée de réorganisation de notre « écologie cognitive » (théorisée par Pierre Lévy[42]) sous

---

[39] Engelbart prévoit ainsi « *la programmation d'une séquence de tâches, développant initialement des capacités primitives mais essentielles de manipulation des symboles, comme la composition et la modification de différentes formes de représentations de l'information (textes, diagrammes...). Puis ces développements conduiront progressivement vers des capacités intermédiaires de « comptabilité » personnelle : programmations, calculs, plannings...* ». Enfin, couronnant cette démarche progressive, il propose « *le développement des processus de haut niveau utilisés pour la résolution de problèmes du mode réel.* ». *Ibid*., p. 241

[40] D. ENGELBART, Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness, *op. cit*., p. 242

[41] *Ibid*., p. 242-243. Le chercheur du SRI propose, pour les spécifications techniques, deux possibilités : soit un petit ordinateur, rapide et spécialement conçu pour les besoins du programme, soit l'utilisation d'un gros ordinateur en *time-sharing*, avec des équipements spécifiques. Type d'alternative technique qui semble assez proche de celle que nous avons vue sur la côte Est au MIT.

[42] Notamment dans P. LEVY, *Les Technologies de l'intelligence. L'avenir de la pensée à l'ère informatique*, La Découverte, 1990

l'effet de micro-changements dans les interfaces hommes-machines : ajouter un « pointeur », inventer la fonction du « couper-coller » et c'est toute la chaîne du processus de l'écriture qui se trouve modifiée, enrichie, « augmentée ».

Loin de toute vision « techniciste » ou machinique, où tous les espoirs seraient mis dans une « substitution » de l'homme par la machine, ou d'une recherche effrénée de l'automatisation de tous les processus, Engelbart n'a de cesse d'affirmer le caractère interactionniste, systémique de son approche et de son système H-LAM/T (« *an interacting whole from a synthesis-oriented approach* »).

Il défend une conception des rapports hommes-machines fondés sur la « synergie », la co-évolution, l'interaction, conception très proche de la notion de « symbiose homme-ordinateur » de Licklider, cité par ailleurs dans le rapport.

3.4.2.3 Le réseau de référence d'Engelbart : une cartographie de l'informatique interactive

Il nous paraît intéressant, pour conclure cette partie sur l'émergence du modèle de l'informatique interactive, de rendre compte du réseau de chercheurs et de travaux dans lequel Engelbart s'inscrit de manière explicite.

En effet, dans la troisième partie du rapport (« *Other Related Thought and Work* »), il consacre un paragraphe, non de « remerciements » formels, mais de reconnaissance envers ses prédécesseurs et pairs qui ont inspiré sa réflexion. Il précise d'ailleurs que l'élaboration de ce « cadre conceptuel » est le produit d'un « travail de large synthèse », opéré à partir de multiples éléments pris en divers endroits.

Engelbart distingue deux grandes catégories de références : d'une part, un certain nombre de travaux « spéculatifs », théoriques, ne comportant pas de « résultats expérimentaux significatifs », d'autre part les articles récents (en 1962) décrivant des travaux qui vont dans la même direction.

Dans la première catégorie, Engelbart place, évidemment à la première place, celui qui a donné la première impulsion à sa quête de « l'augmentation » : Vannevar Bush. Une partie importante du rapport est d'ailleurs consacrée au commentaire du fameux texte «*As we may think* », considéré par Engelbart comme l'un des premiers articles proposant des « *suggestions pour augmenter l'intellect humain* ». Cette reconnaissance explicite et appuyée du visionnaire de l'information atteste de cette « lignée » de l'hypertexte, aujourd'hui bien établie, reliant Bush, Engelbart et Ted Nelson jusqu'à Tim Berners-Lee.

L'on n'est pas autrement surpris de voir le nom de Licklider cité par Engelbart juste après celui de Bush : Licklider occupe alors une place centrale au début des années 60 et sa notion de « symbiose homme-ordinateur » est bien sûr connue d'Engelbart, qui y voit l'un des exemples les plus clairs de « coopération bénéfique » entre l'homme et l'ordinateur.

Engelbart cite également d'autres chercheurs moins connus, qui se sont aussi aventurés sur le terrain encore vierge d'une informatique interactive et qui ont forgé des expressions spécifiques, parfois curieuses, pour désigner cette étroite interaction hommes-machines[43]. A l'évidence, Engelbart n'est pas seul dans un domaine où les spéculations les plus hardies, proches de la science-fiction, voisinent avec les réflexions les plus approfondies sur l'ordinateur. Le petit réseau de références qu'il donne à voir témoigne, à sa façon, de l'émergence d'un nouveau paradigme de l'ordinateur, à l'opposé des utilisations courantes et des conceptions dominantes, orientées vers l'automatisation du traitement de l'information.

La deuxième catégorie des références d'Engelbart est également intéressante à relever : non seulement elle indique les travaux qui l'ont directement inspiré, mais elle dresse aussi une cartographie des expérimentations en cours, dont la plupart ne nous sont plus inconnues. Parmi les articles cités, Engelbart fait de nouveau référence à Licklider, en mentionnant la communication que celui-ci a faite avec Wes Clark à la *Spring Joint Computer Conference* de mai 1962, sur la « *On-Line Man-Computer Communication* ». Il cite également un nom et des travaux déjà évoqués : Herb Teager et ses deux rapports sur le système de *time-sharing* mis en place au MIT.

Enfin, Engelbart cite quelques travaux de *time-sharing* en cours, dont il a eu connaissance mais qui n'ont pas encore donné lieu à publication. Parmi ceux-ci, le projet de Douglas Ross, de *l'Electronic Systems Laboratory* du MIT, retient toute son attention en tant que projet permettant l'interaction homme-machine en temps réel. Il semble que le projet de Doug Ross soit la continuation de celui piloté par Jack Dennis, que nous avons vu plus haut. Cet ensemble de chercheurs, de travaux, d'articles, etc.[44], dans lequel Engelbart inscrit son travail sur la notion

---

[43] Ainsi S.M. Ulam et la notion de « *synergesis* », I.J. Good qui aurait présenté un modèle de réseau de structuration de l'information dans la même perspective de l'aide possible apportée par l'ordinateur à la pensée humaine, Simon Ramo, également préoccupé de « *l'extension scientifique de l'intellect humain* », Louis Fein et son projet de « *computer-related sciences* », pour lequel il a créé l'expression de « *synnoetics* », désignant « *l 'activité coopérative des hommes, des mécanismes, des organismes végétaux et animaux et des automatismes* ».

[44] Il mentionne par exemple un autre projet, mené au Lincoln Lab*oratory* par un chercheur que nous aurons l'occasion de retrouver en présentant le travail de l'IPTO, Ivan Sutherland : cet étudiant, en fin de doctorat, utilise alors un dispositif d'écran d'ordinateur sur le TX-2 du Lincoln Lab, pour développer « *des techniques coopératives pour les problèmes de conception d'ingénierie* ». Enfin, un dernier projet de *time-sharing* assez peu connu est cité : celui de la RAND Corporation, où une équipe de trois chercheurs (Cliff Shaw, Tom Ellis et Keith Uncapher) ont

« d'augmentation », est doublement éclairant : d'abord par ce qu'il montre de son propre réseau d'appartenance. Et l'on peut voir aisément que le réseau qu'il établit s'avère une cartographie d'une bonne partie du champ émergent de l'informatique interactive d'alors ; les travaux sur le *time-sharing* y figurent en bonne place. Engelbart lui-même peut être considéré comme l'un des pionniers du *time-sharing*, même si sa problématique de « l'augmentation » est différente de celle du temps partagé.

Mais ces références sont aussi intéressantes par ce qu'elles ne montrent pas : cette cartographie du champ de l'informatique interactive reste partielle. Ainsi Engelbart ne mentionne-t-il pas quelques uns certains travaux importants (notamment le projet de McCarthy chez BBN, le projet CTSS de Corbato), montrant par là les lacunes « informationnelles » du *time-sharing* en 1962 : plusieurs travaux existants mais souvent isolés, peu connus à l'extérieur, n'ayant pas encore donné lieu à des compte rendus écrits et connus d'autres chercheurs par le hasard des rencontres personnelles ou du bouche à oreille[45].

Pour conclure, nous pouvons observer que si tous les thèmes de l'informatique interactive sont déjà apparus en 1962 et ont donné lieu à quelques théorisations approfondies, le réseau socio-technique en cours d'émergence autour de ce nouveau modèle d'ordinateur est encore loin d'être structuré. Il faudra attendre la « traduction » majeure de l'automne 62, par laquelle va s'opérer l'interconnexion entre deux « acteurs-réseaux » en voie de consolidation : celui de l'informatique interactive d'une part, celui de l'ARPA, une nouvelle agence de recherche, d'autre part.

---

implanté un système de *time-sharing* sur leur ordinateur, le JOHNIAC (construit par la RAND Corporation et baptisé ainsi en hommage à John Von Neumann).

[45] Ainsi Engelbart nous apprend-il incidemment qu'il ne connaît les autres travaux sur le *time-sharing* (de Doug Ross et de la RAND Corporation) que par conversation directe et personnelle.

3.5 L'ARPA et la réorganisation de la recherche militaire

Selon notre hypothèse, plus que « le produit de la guerre froide », ARPANET serait le résultat d'une nouvelle imbrication des universités et de la défense, voire d'un « détournement » (au sens de la sociologie de la traduction) du pôle militaire par le civil.

L'une des questions historiques les plus intéressantes pouvant se poser à propos de l'ARPA et de son réseau est peut-être la suivante : pourquoi, ou plutôt comment, une agence fédérale gérée par le Pentagone, ayant pour mission le soutien à la recherche militaire, est-elle devenue dans les années 60 l'une des premières sources de financement et l'un des acteurs stratégiques les plus innovants de la recherche informatique civile ?

Pour tenter de répondre à cette question complexe et, en même temps, décrire ce processus d'interconnexion entre universités et Pentagone, il nous faut remonter aux origines de cet acteur fondamental d'ARPANET qu'a été l'ARPA.

Cette évocation des débuts de l'agence nous contraint à un retour en arrière de quelques années (1957) et nous invite à l'exploration d'un nouveau monde, celui du Pentagone et de la politique de management de la recherche scientifique militaire, qui semble être à un tournant majeur à la fin des années 50.

3.5.1 L'ARPA : une réponse politique à un double défi « militaro-politique »

Dans quel contexte, par qui et pour quelles missions est créée cette nouvelle agence de financement de la recherche ?

3.5.1.1 Le défi externe : la course à l'espace

L'histoire est connue et commence par le célèbre sifflement du Spoutnik. Si la naissance du « bébé-lune », comme on appelle alors Spoutnik, suscite un immense retentissement dans le monde entier et marque le véritable début de la course à l'espace, elle constitue également l'un des événements « déclencheurs » du futur ARPANET.

En pleine guerre froide, le 4 octobre 1957, le lancement réussi du premier satellite artificiel, "Spoutnik 1", par l'URSS va modifier brutalement, sinon le climat international, du moins la course à l'espace et surtout l'organisation de la recherche scientifique militaire américaine. Ce coup d'éclat scientifique et technique des soviétiques provoque aux Etats-Unis deux types de sentiments collectifs entremêlés : la peur et la mortification.

Après la première hantise de la guerre nucléaire de la fin 49 (lors de l'explosion de la première bombe atomique soviétique, qui devait accélérer les recherches militaires et déboucher sur le système SAGE), la possibilité pour l'URSS de placer un satellite en orbite terrestre ravive toutes les peurs américaines d'une attaque nucléaire. Le président Eisenhower évoque même « le spectre d'une destruction massive ».

Mais une deuxième réaction collective va être plus forte que le premier sentiment de panique : la mortification, car Spoutnik porte un coup très dur à l'orgueil national américain1.

Au plan de la politique intérieure, cet événement du « bip bip » de Spoutnik surgit en pleine réorganisation politique du Pentagone, principal acteur concerné. En effet, Eisenhower vient de nommer au début octobre un nouveau Secrétaire d'Etat à la Défense, Neil McElroy, président de la firme de savon Procter & Gamble. Le tout nouveau Secrétaire d'Etat, qui prête serment le 9 octobre, arrive donc au Pentagone dans un contexte pour le moins agité, marqué à la fois par l'une des plus graves crises de confiance des Etats-Unis dans leur capacité de défense et par une violente polémique sur les responsabilités du retard américain.

Face à l'avancée des Russes, les Américains vont donc devoir relever le défi, à la fois militaire et scientifique de la course à l'espace.

La course à l'espace, déjà commencée avec le projet *Vanguard* aux USA (qui prévoit le lancement d'une fusée dès juin 1957 mais aura beaucoup de retard) va s'accélérer et se durcir : l'enjeu n'est pas seulement scientifique mais aussi stratégique, puisque la sécurité des Etats-Unis se trouve, potentiellement du moins, menacée par le lancement de Spoutnik qui démontre la capacité des Russes à envoyer des missiles intercontinentaux dans l'espace. En fait, les véritables risques militaires de Spoutnik auraient été largement surestimés par les services du Pentagone, qui ont vu là une bonne occasion d'obtenir de nouveaux crédits. La course aux armements est donc relancée et les crédits accordés à la recherche militaire, qui n'ont cessé de diminuer depuis cinq ans (passant de 40 milliards en 1952 à 35 milliards en 1957) augmentent de nouveau (38 milliards pour 1958).

En revanche, le retard scientifique dans la course à l'espace est plus sérieux car les Etats-Unis risquent de perdre l'initiative et, à plus long terme, peuvent voir leur sécurité menacée.

---

[1] *« Il n'est pas possible de peindre la mortification américaine »*, selon l'observation d'un journaliste, qui rend compte du sentiment éprouvé par l'Américain de la rue en ces termes : *« Le fait brut, c'est que les moujiks ont battu l'orgueilleuse et puissante Amérique dans le match scientifique le plus sensationnel de tous les temps. Le « bip...bip...bip... » de l'oiseau volant résonne comme un persiflage de New York à Los Angeles et casse les nerfs de toute une nation. »*. (extrait non référencé d'un dossier de presse).

Deux réponses organisationnelles sont apportées à ce « défi extérieur » : tout d'abord la création de l'ARPA, puis celle de la NASA.

La transformation en septembre 1958 du NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics)* en NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), agence fédérale chargée de développer la conquête de l'espace, sera la réponse principale des Etats-Unis au défi soviétique. Dans la lignée du modèle historique du *Manhattan Project*, la NASA mobilisera quelques uns des plus éminents scientifiques américains, dont les travaux vont permettre en 18 mois de rattraper une partie du retard des Etats-Unis. L'échec, le 31 janvier 1958, du lancement du premier satellite américain faisant partie du projet *Vanguard*, va accélérer cette mobilisation scientifique, par la nouvelle humiliation provoquée.

Mais les dirigeants américains, et McElroy au premier chef, doivent également répondre à un autre défi, interne celui-là.

3.5.1.2 Le défi interne : la réorganisation de la recherche militaire

Dans les jours et les semaines qui suivent le passage du Spoutnik au-dessus des Etats-Unis, une violente polémique agite l'opinion et surtout la classe politique sur les responsabilités du retard américain. Le Pentagone est bien entendu sur la sellette. En effet, parmi les raisons du camouflet scientifique, sont abondamment évoquées pêle-mêle la concurrence que se livrent alors les différentes branches du Pentagone (*Army*, *Air Force*, *Navy*), une gestion bureaucratique de la recherche et des liens trop distendus entre la recherche civile et la Défense[2].

La division et la concurrence absurde et surtout très coûteuse pour le pays, qui oppose les trois armes, *Navy*, *Air Force* et *Army*, est au coeur de la polémique. La presse, la classe politique, de nombreuses personnalités vont dénoncer cette situation. Ainsi Vannevar Bush, sollicité vers la fin novembre avec d'autres scientifiques par le sénateur Lyndon Johnson, sur la politique scientifique à mettre en place, critique vertement la multiplication des programmes de recherche entre les trois armes. Pour l'inspirateur de l'hypertexte, qui a été également l'un des responsables du *Manhattan Project*, la solution pour rattraper le retard pris sur les Soviétiques est simple : «*Unifier notre organisation militaire. Sans cela tout le reste est vain.*»[3]. D'autant plus qu'il faut prévoir une exacerbation de ces rivalités si rien n'est fait, car « *le Spoutnik donnait le départ d'une nouvelle course au gâteau de la recherche et du développement* »[4].

---

[2] Pour toute la partie sur la naissance de l'ARPA, nous nous sommes essentiellement appuyés sur l'ouvrage de Hafner et Lyon : K. HAFNER, M. LYON,*Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet, op. cit.*, p. 19-31

[3] P. ZACHARY, *Endless Frontier. Vannevar Bush, Engineer of the American Century*, The Free Press, 1997, p. 388

[4] K. HAFNER, M. LYON, *Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet, op. cit.*, p. 25

Pour pouvoir relever le défi extérieur de la course à l'espace, McElroy doit donc répondre à un autre défi d'une nature plus politique : celui de réformer la gestion de la recherche militaire et civile. Il va disposer pour cela de plusieurs atouts, dont le fait d'arriver en pleine crise. Venu d'un milieu totalement étranger aux cercles militaires du Pentagone et surtout, arrivé quelques jours à peine avant Spoutnik, le nouveau Secrétaire d'Etat bénéficie ainsi d'une sorte « d'état de grâce ». Très intéressé par la recherche scientifique et soucieux, comme Eisenhower, de resserrer les liens entre la communauté scientifique et l'administration gouvernementale, il participe, aux côtés du Président, à plusieurs rencontres avec un Comité scientifique consultatif, regroupant quelques uns des plus grands scientifiques du moment. Lors de ces réunions, l'idée d'une agence centrale, indépendante, disposant de moyens importants et ayant la haute main sur tous les projets du Pentagone, est avancée par plusieurs spécialistes et notamment par deux conseillers scientifiques, le physicien nucléaire Ernest Lawrence et Charles Thomas, ancien PDG d'une entreprise chimique, qui rencontrent McElroy. Cette idée d'une agence centrale, ayant la gestion des projets de recherche avancée et « coiffant » les différents services du Pentagone va faire son chemin dans différents milieux aux intérêts différents : la Chambre américaine du commerce, le comité consultatif scientifique, le Secrétaire d'Etat McElroy lui-même, exaspéré par la rivalité permanente opposant les trois armes.

Le 7 novembre, Eisenhower annonce la nomination de James R. Killian, Président du MIT, comme conseiller scientifique : présenté comme l'homme providentiel par le Président, Killian est surtout chargé de réorganiser la recherche et de faire l'interface entre les milieux scientifiques et les milieux de la défense[5].

Le projet d'une nouvelle agence est finalement proposée en novembre par McElroy à Eisenhower qui l'accepte aussitôt. Et le 20 novembre 1957, McElroy, dans une déclaration devant le Congrès sur les programmes de missiles balistiques, annonce l'installation d'un directeur unique, responsable de l'ensemble de la recherche sur la défense et la création d'une agence chargée de la gestion des programmes de Recherche et Développement pour les satellites et l'espace. Malgré une vive opposition des militaires des trois armes et notamment de l'*US Air Force*, qui est le plus dans le collimateur du gouvernement, McElroy tiendra bon sur deux aspects essentiels, qui vont déterminer tout le devenir de l'ARPA et sa spécificité :

- le directeur de la nouvelle agence pourra passer directement des marchés : il s'agit là du point le plus litigieux et le plus contesté par les militaires des autres agences des trois armes, car il signifie concrètement la fin de l'autonomie royale dont jouissaient les différents services du

---

[5] Notons au passage que l'origine de Killian est un nouveau signe de l'imbrication de la recherche civile avec la sphère politico-militaire et de l'importance du MIT dans ce complexe.

Pentagone. Désormais, tous les contrats de recherche et développement du Pentagone passeront par le crible de cette agence.

- l'agence bénéficiera d'une capacité de recherche illimitée : elle ne sera pas seulement au service de projets de développement mais devra encourager la recherche fondamentale.

Ces deux propriétés essentielles de l'ARPA subsisteront, en dépit de toutes les vicissitudes de son devenir.

Ainsi la création de l'ARPA apparaît-elle comme une double réponse du gouvernement américain :

- une réponse politique et militaire face au défi soviétique : la mission de l'ARPA sera de développer les recherches tous azimuths pour la défense et de contribuer à rattraper le retard scientifique américain ;
- mais surtout une réponse « organisationnelle » et managériale des autorités politiques qui, utilisant la formidable occasion que représente le lancement de Spoutnik, vont pouvoir réorganiser une recherche militaire devenue incontrôlable.

3.5.2 Les premières années difficiles de l'agence

Si l'on doit résumer les premières années de l'ARPA, depuis la naissance en 1958 jusqu'à 1961, on peut relever quatre moments distincts : une naissance prometteuse (premiers mois de 1958), une très grave crise qui manque d'emporter la toute jeune agence (automne 1958), un long redémarrage (de la fin 58 à 1960) et un nouvel essor (à partir de 1960-61).

Même si le projet d'une nouvelle agence se heurte à l'hostilité profonde de nombreux responsables du Pentagone (hostilité qui perdurera comme nous le verrons), les forces qui soutiennent le projet sont suffisamment importantes, à commencer par le Président lui-même. Le 7 janvier 1958, Eisenhower annonce ainsi au Congrès la création de l'ARPA (*Advanced Research Projects Agency*, qui signifie Agence pour les Projets de Recherche Avancée). L'agence est placée sous la tutelle du Ministère de la Défense (*Department Of Defense* : *DoD*), avec pour mission le rétablissement du leadership américain en matière de recherche scientifique et technique dans le domaine militaire. Mais l'une des tâches officielles de l'ARPA est de mettre fin à la concurrence inter-services du Pentagone et d'assurer un contrôle civil sur les autorités

militaires[6]. Le Congrès, à qui Eisenhower a réclamé des crédits pour le lancement de l'agence, ne lésine pas et le premier directeur de l'ARPA dispose d'un budget colossal de 520 millions de dollars et d'un budget prévisionnel de 2 milliards de dollars.

Ce nouveau directeur n'est ni un militaire, ni un scientifique mais vient, comme le Secrétaire d'Etat à la Défense, du monde de l'entreprise. Il s'agit de Roy Johnson, l'un des vice-présidents de *General Electric*, qui va développer des talents de gestionnaire, là où il aurait fallu sans doute des intuitions scientifiques et des visions politiques. Il est secondé néanmoins par un scientifique, Herbert York, et entouré d'un état-major pléthorique de soixante-dix personnes environ, responsables des différents projets scientifiques. Les domaines d'intervention de l'agence sont très étendus puisque, dès sa naissance, l'ARPA a la responsabilité de tous les programmes spatiaux et de toute la recherche avancée sur les missiles stratégiques.

Ainsi l'agence bénéficie des plus solides atouts d'une naissance triomphale. Et les six premiers mois voient le démarrage de nombreux programmes spatiaux, programmes uniquement militaires.

L'agence va pourtant connaître, à l'automne 1958, une très grave crise. La NASA, venant juste d'être mise en place en septembre par Eisenhower, se voit confiée la responsabilité de tous les programmes spatiaux et les programmes de missiles retournent aux services des trois armes. L'ARPA se trouve brutalement dépossédée de ses programmes de recherche et voit son budget descendre à 150 millions de dollars, ce qui entraîne la démission de Roy Johnson. Ainsi en moins d'une année, la nouvelle agence, chargée de la direction de tous les programmes spatiaux et des programmes de recherche avancée sur les missiles, est vidée de sa substance et paraît condamnée à une fin prématurée.

Hafner et Lyon ne donnent pas beaucoup d'explications sur les causes de cette crise surprenante, arrivant quelques mois à peine après le lancement de l'agence, ni sur la rivalité initiale qui a paru opposer la NASA à l'ARPA.

L'une des explications fournies est cependant très intéressante. L'échec de l'ARPA viendrait d'une erreur stratégique fondamentale de Roy Johnson, qui s'est enfermé dans une conception purement militaire, à la fois de la conquête spatiale et de la gestion de la recherche : les projets spatiaux sont tous à finalité militaire, les « alliés » recrutés à l'extérieur sont des entreprises déjà fournisseurs du Pentagone, aucune université n'a été sollicitée...

---

[6] « *Je n'essaie pas aujourd'hui de formuler un jugement sur les accusations de rivalités dommageables entre les services. Mais une chose est sûre. Quoi qu'il en soit, l'Amérique veut que cela cesse.* », déclare Eisenhower le 9 janvier dans son message sur l'état de l'Union. K. HAFNER, M. LYON, *op. cit.*, p. 27

Au cours de l'analyse approfondie qui est faite de l'échec de l'agence, juste avant le départ de Johnson, l'équipe de l'ARPA élabore plusieurs scénarios possibles : la disparition, le statu quo, le développement ou le changement. L'état-major prend conscience de l'erreur stratégique de direction de concentrer toute l'action de l'ARPA sur le militaire et de ne pas faire appel aux universités, véritable vivier de la recherche. Ils proposent donc le quatrième scénario, *i.e.* le maintien de l'agence avec une réorientation vers la recherche réellement « avancée », fondamentale, « *à risque élevé pour un gain élevé* ».

Roy Johnson est remplacé par un général de brigade, Austin W. Betts, qui dirigera l'agence jusqu'au début 61 et assurera ce changement de cap de la politique de recherche. L'ARPA prend ainsi un nouveau départ, plus modeste, orienté clairement vers la recherche fondamentale et d'avant-garde.

La nouvelle mission (le soutien aux recherches réellement avancées) correspond en fait à l'idée initiale à l'origine de l'agence. Le changement d'identité, mais non d'appellation, se traduit par le fait que l'ARPA va devenir au fil des ans une agence militaire de soutien à la recherche civile, pour des objectifs militaires à long terme.

Par ailleurs, en associant étroitement le monde des universités aux programmes de recherche, l'ARPA n'introduit pas seulement de nouveaux partenaires : elle inaugure aussi un nouveau « style » de fonctionnement, en rupture complète avec les pratiques plutôt lourdes et bureaucratiques des services du Pentagone.

Ainsi, dans l'évocation des débuts agités de l'agence, la crise et la réorientation de l'automne 58 nous apparaissent comme la première traduction majeure de l'ARPA : pour survivre, l'agence doit changer de mission, donc d'identité, donc de partenaires, donc de style de management. Nous sommes bien là en présence à la fois d'une redéfinition et d'une reconfiguration du « réseau ARPA ».

3.5.3 L'arrivée de Kennedy et le nouvel essor de la recherche

Si les rythmes de développement de l'IST et de la recherche scientifique ne coïncident pas avec ceux de la politique, certaines alternances politiques ont parfois un grand impact sur la recherche. Avec la victoire de Kennedy aux élections présidentielles à l'automne 1960 et son arrivée à la Maison Blanche le 20 janvier 1961, s'amorce ainsi un tournant dans la recherche scientifique américaine. Certes, la politique du nouveau président ne constitue pas une véritable rupture avec celle de son prédecesseur et « l'ère Kennedy » commence dans un contexte

éminemment favorable à la recherche scientifique. Mais incontestablement, si l'on ne peut parler de rupture, l'arrivée du jeune président démocrate va se traduire par un changement d'atmosphère, de style et d'orientations, en définitive par un nouvel essor tous azimuths de la recherche, proclamée « nouvelle frontière » des Etats-Unis,

Ainsi Kennedy va-t-il s'entourer de l'élite scientifique et intellectuelle du pays, majoritairement acquise aux démocrates. Une nouvelle génération de chercheurs et de scientifiques arrive aux plus hautes responsabilités : Jerôme Wiesner, professeur au MIT (que nous avons déjà mentionné) devient par exemple le Conseiller scientifique de Kennedy et jouera un rôle décisif au sein du PSAC (*President's Science Advisory Committee*). Comme Licklider, Wiesner est issu de la matrice cybernétique et fait partie de ce cercle, encore limité, des responsables convaincus de l'importance grandissante des ordinateurs.

Nous ne détaillerons pas ici la nouvelle politique scientifique mise en place par la présidence Kennedy, dont le Projet Mercury et la course à la lune sont les fleurons les plus connus.

Notons seulement qu'à l'aube des années 60, un soutien massif du gouvernement va être accordé à la recherche scientifique, soutien qui se déclinera selon les formes les plus diverses.

La maîtrise de l'IST constitue sans doute l'un des signes marquants, à la fois de la continuité et du changement dans la politique scientifique des pouvoirs publics.

Déjà dès la fin des années 50 se développe, dans les sphères dirigeantes américaines, politiques et scientifiques, une prise de conscience de plus en plus vive du rôle stratégique de la maîtrise de l'IST (Information Scientifique et Technique). La création, la même année, de l'ARPA et de la NASA7 témoigne de cette prise de conscience générale, tout comme l'intérêt de la NSF (*National Scientific Foundation*) pour l'informatisation des revues scientifiques en 1959, la création de l'ISI (*Institute for Scientific Information*) par Garfield ou les nombreuses recherches d'informatique documentaire. L'émergence de l'informatique interactive et du time-sharing, que nous avons présentée, participe également de cette attention nouvelle portée aux problématiques de production et d'échange de l'information scientifique. De nouveaux concepts de recherche militaire émergent également à cette époque, imprégnés des notions cybernétiques comme le concept de « *Command and Control* », que nous présentons plus loin

Un autre signe de cette importance accordée à la maîtrise de l'information est donné par le rapport du PSAC, le rapport Weinberg, remis au nouveau président en 1961 : ce rapport, intitulé « *Les responsabilités de la communauté scientifique et du gouvernement dans le transfert de*

[7] On peut également citer la création en 1958 d'un autre organisme de soutien à la recherche, beaucoup moins connu que les deux premiers : l'OSIS (*Office of Scientific Information Service*), dont la mission est de distribuer contrats et subventions aux centres d'information privés.

l'information », préconise en effet une véritable politique de développement de l'information documentaire, par la réorganisation des organismes documentaires fédéraux et la mise en place d'un réseau national d'information8.

Notons enfin que dans le domaine militaire, la nomination de Robert McNamara au Pentagone entraînera l'élaboration d'une nouvelle doctrine stratégique, dite de la « réponse graduée » et surtout la mobilisation des nombreux services et agences de recherche.

Sans pouvoir approfondir cet immense domaine, on doit donc garder à l'esprit l'importance de ce contexte général, politico-scientifique, pour mieux suivre les acteurs organisationnels et humains du processus d'émergence d'ARPANET. Et après cette brève incursion dans le « macrocosme » de la politique scientifique américaine du début des années 60, revenons au « microcosme » qui nous intéresse : celui de l'ARPA.

3.5.4 Le nouveau départ de l'ARPA : 1961-1962

Comment se traduit ce « tournant Kennedy » sur l'ARPA ? Par la renaissance et l'essor.

L'ARPA, qui a eu du mal à se remettre de la crise de l'automne 58, va devenir l'un des premiers bénéficiaires du grand programme d'armement, de conquête spatiale et d'effort scientifique tous azimuths, lancé par Kennedy. Elle va également se transformer de nouveau.

La mutation qui s'opère au début des années 60 se décline sur plusieurs plans : changement de la direction et du mode de fonctionnement, augmentation du budget, renouvellement des projets de recherche.

3.5.4.1 De nouveaux dirigeants : Ruina, Herzfeld

Le premier signe de changement est la démission au début de 1961 du directeur, le général Austin Betts, remplacé par Jack P. Ruina, ingénieur électricien et ancien professeur d'université.

Ruina est le premier scientifique à diriger l'ARPA et sous sa direction, l'agence va trouver une nouvelle vigueur et connaître un développement important.

Avant d'être appelé à la tête de l'ARPA, Ruina travaillait déjà au Pentagone à l'US Air Force, où il était « *Deputy Assistant Secretary of the Air Force* » [9](sous-secrétaire adjoint). Cet ingénieur,

---

[8] La mise en oeuvre des propositions du Rapport Weinberg sera effectuée à partir de 1964 par un organisme *ad hoc*, le COSATI (*COmmittee for Scientific And Technical Information*). Voir C. PANIJEL, *Information scientifique et technique* [en ligne], URFIST de Paris, 1999. Disponible sur WWW : <http://www.ccr.jussieu.fr/urfist/def-ist.htm>

qui combine formation scientifique et expérience militaire, va être l'homme de la restructuration de l'agence.

Quelle est la situation de l'agence, lorsqu'il arrive en 1961 ?

L'ARPA connaît alors une sorte de crise de croissance, ayant grandi de façon trop rapide et désordonnée. Selon le témoignage de Herzfeld[10], beaucoup de problèmes se font sentir à cette époque : un certain manque de cohérence, des redondances et un manque de concertation entre les programmes, une absence de direction stratégique dans les différents services. Il semblerait que l'ARPA, au début des années 60, aît partiellement reproduit en son sein les divisions et les rivalités internes entre les trois armes, qu'elle avait pour mission de réduire.

Jack Ruina est donc nommé avec la mission de réorganiser l'agence et notamment de renforcer l'équipe de direction, qui doit être la meilleure possible. De fait, l'arrivée de Ruina se traduit rapidement par le recrutement de nouveaux responsables, comme **Charles Herzfeld, Bob Frosh,** et bientôt **Licklider**.

Arrêtons-nous sur Charles Herzsfeld, qui deviendra l'un des principaux dirigeants de l'ARPA pendant les années 60 et, de fait, un acteur décisif dans l'émergence d'ARPANET.

3.5.4.1.1 Herzfeld ou le patriotisme comme motif « d'enrôlement »

Celui qui sera (non sans mal) recruté en 1961 à l'ARPA par Jack Ruina est, comme ce dernier, un scientifique et un universitaire, possédant la même caractéristique que le directeur : une bonne connaissance des milieux de la défense.

Herzfeld est une autre incarnation du « complexe militaro-scientifique » américain. Physicien de formation, il a travaillé au début des années 50 au NRL (*Naval Research Laboratory*), le laboratoire de recherche de la *Navy*. D'abord enseignant, puis chercheur puis adjoint à la direction du laboratoire, il travaille également comme professeur de physique à l'Université du Maryland, en contrat avec le NRL. Cas intéressant de « passerelle » entre l'armée et l'université, dans lequel c'est l'armée qui constitue le point d'ancrage de l'acteur.

Vers la fin des années 50, Herzfeld, selon ses propres souhaits, quitte le NRL pour aller travailler au *National Bureau of Standards*, principal organisme américain de normalisation. Ses compétences lui font gravir rapidement les échelons de la hiérarchie et il devient chef de division au *Bureau of Standards* jusqu'au début 61, avant d'être nommé Directeur Associé de Nick

---

[9] J. RUINA, *Interview by William Aspray. 20 April 1989. Cambridge, Massachusetts*, Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989.

[10] C. HERZFELD, *Interview by Arthur L. Norberg. 6 August 1990. Washington, D.C.*, Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990, p. 3

Golovin, le premier responsable du *Bureau*. Mais il ne participera à la Direction du *Bureau of Standards* que quelques mois, car l'ARPA cherche à le recruter.

Les conditions de son recrutement à l'ARPA sont intéressantes à évoquer, car elles éclairent la sinuosité des chemins de l'innovation.

En mai 1961, Jack Ruina fait appel à Herzfeld pour venir à l'agence et prendre la direction du programme de recherche militaire le plus important, le *Defender Program*, mais Herzfeld refuse la proposition, se passionnant alors pour son travail au *Bureau of Standards.*

Et c'est au cours d'un voyage en Europe[11]à l'été 61, alors que le mur de Berlin commence à être édifié et que la nouvelle aggravation de la guerre froide l'inquiète beaucoup, que Herzfeld pense être plus utile à son pays au Ministère de la Défense qu'au *Bureau of Standards*. De retour aux Etats-Unis, il rappelle donc Ruina pour lui demander si sa proposition tient toujours. Ruina n'ayant toujours pas trouvé d'associé, Charles Herzfeld quitte alors le *Bureau of Standards*, au grand étonnement de ses collègues qui ne comprennent pas pourquoi il abandonne ainsi une position aussi élevée pour un poste plus obscur dans une agence gouvernementale peu connue.

En septembre 1961, Herzfeld travaille donc désormais à l'ARPA comme responsable du principal programme de recherche, le Programme de Défense (*Defender Program*). Sa mission générale est de participer à la remise en ordre au sein de l'ARPA, décidée alors par les responsables, Ruina et Harold Brown, conseiller de McNamara.

Le parcours des acteurs de l'émergence d'ARPANET, comme de tout processus d'innovation, est loin d'être rectiligne. Il entre une grande part de hasard, de coïncidences et aussi de motifs et de valeurs personnels dans les déplacements des acteurs. Là où Jack Ruina n'a pas réussi à « détourner » de sa trajectoire Charles Herzfeld, le patriotisme de ce dernier sera finalement, sous l'effet d'une coïncidence historique, le principal opérateur d'une longue « chaîne de traductions », qui commence à Berlin avec l'édification du mur et se termine à Washington, avec la nomination d'un nouveau responsable à l'ARPA[12].

Pour conclure sur Herzfeld, quels sont ses principaux atouts expliquant son recrutement par l'ARPA ? Herzfeld cite parmi ceux-ci sa bonne réputation de manager de programmes

---

[11] Au cours de cet été 61, Charles Herzfeld voyage en Europe et visite cinq ou six laboratoires européens de normalisation, rencontre de nombreux chercheurs européens et participe à des travaux sur la normalisation des thermomètres de platine : il est alors habité par le souci de normaliser les instruments scientifiques, pour pouvoir échanger et partager les résultats et les instruments de recherche.

[12] Certes, Ruina aurait probablement trouvé un autre candidat et le devenir de la défense américaine ne s'est pas joué là, compte tenu de l'immensité des enjeux et de l'importance de l'acteur-réseau « défense nationale ». En revanche, celui de l'informatique sera peut-être légèrement infléchi par l'arrivée de Herzfeld à l'ARPA, si l'on prend en compte ses positions très favorables à la nouvelle informatique et le nouvel enchaînement de traductions qui va suivre.

techniques complexes, acquise au *Bureau of Standards*, un solide « background » technique, des connaissances assez variées dans différents domaines et surtout un grand intérêt pour les questions militaires. Il faut y ajouter une bonne connaissance des milieux politiques et de la Défense, acquise lors de son travail au NRL et au *Bureau of Standards*. Enfin, ses contacts personnels avec des responsables comme Jerôme Wiesner, qu'il connaît avant l'élection de Kennedy, puis plus tard Henry Kissinger, faciliteront grandement sa tâche au sein de l'ARPA.

3.5.4.2 D'importants projets de recherche militaire

Quelle est l'activité de l'ARPA, au moment de l'arrivée de Jack Ruina au début 61 ?

De nombreux programmes de recherche militaire ont été lancés par l'agence au début des années 60 : programmes militaires sur les missiles balistiques de défense, programme spatial, détection des tests nucléaires, *Defender Program*, quelques programmes informatiques. Tous ces programmes relèvent de la recherche fondamentale, conformément à la nouvelle orientation décidée après la crise de 58.

D'après Norberg, citant une analyse du style de management de l'ARPA réalisée par *The Barber Associates* (analyse parue en 1975), il existe au moins **six groupes différents d'activités** au début des années 60.

Le premier groupe, le ***Defender Program*** (Programme de Défense), est le plus important et comprend **deux parties** :

- un projet de recherche en science et technologie, qui sera placé sous la responsabilité de Charles Herzfeld, de 1961 à 1963 ;
- le « *missile group* », ou *Ballistic Missile Defense*, correspondant à l'une des premières activités de l'ARPA de 1958 à 1963, qui avait pu sans doute être conservée par l'agence, au moment de son « dépouillement » par la NASA.

Le deuxième groupe d'activité est le ***Nuclear Test Detection Office***, qui sera placé sous la responsabilité de **Bob Frosh,** arrivé à l'ARPA à l'automne 61. Ce groupe sur la détection des tests nucléaires est également très important, selon Ruina.

En fait, ce sont ces deux programmes d'activité sur les missiles et les tests nucléaires qui constituent l'essentiel de l'activité et du budget de l'ARPA au début des années 60. Ainsi, en 1960-61, le programme de recherche sur les missiles balistiques a un budget de 60 à 70 millions de dollars par an[13].

---

[13] Dans son témoignage, Jack Ruina, insiste beaucoup sur ces deux programmes de défense auxquels l'ARPA consacrait ses principaux efforts. Ruina indique par exemple que lorsque McNamara, le nouveau Secrétaire d'Etat à

Les autres programmes d'activité sont donc relativement limités par rapport aux deux premiers. On y trouve :

- un **programme de recherches en chimie** (*Chemical Propellant Program*), commencé vers 1958 et qui s'arrêtera vers 1964 ;
- le ***Project AGILE***, cité par Herzfeld et sur lequel nous n'avons aucune information.

Enfin, deux programmes de recherche vont être lancés à peu près au même moment, en 1961-62 : - le « ***Commanding control group*** » (groupe de recherche sur le *Command and Control*) ;
- et un programme sur la **psychologie du comportement** (*Behavioral Science*).

Selon Norberg, ces deux groupes, *Command and Control* et *Behavioral Science* sont liés, alors que les autres groupes d'activités restent sans lien entre eux. Ce double programme de recherche correspond à une double demande des instances du Pentagone.

Celui sur les sciences du comportement est issu, semble-t-il, d'une recommandation du *Defense Advisory Board* au DoD, visant à développer des recherches en sciences comportementales (*behavorial science*), en faisant appel à différents instituts pour réunir une équipe de chercheurs.

L'autre programme de recherche sur le *Command and Control* (nous développons plus loin l'importance prise par cette notion) provient directement des hautes instances du Pentagone, car il est assigné à l'ARPA en 1961 par Harold Brown, le nouveau Directeur de la *Defense Research and Engineering* (DDRE).

C'est dans le cadre de ce programme sur le *Command and Control* que vont se développer les premières recherches informatiques financées par l'ARPA. En effet, un contrat est bientôt signé entre l'ARPA et l'entreprise informatique SDC (*System Development Corporation*), qui est déjà un fournisseur important de l'armée de l'air.

On le voit : les activités et les programmes de recherche de l'ARPA sont diversifiés et paraissent assez compliqués à suivre, d'autant plus que les acteurs eux-mêmes ont des mémoires parfois imprécises. Retenons seulement que c'est ce double programme portant sur la psychologie du comportement et sur les questions de commandement et de contrôle qui sera à l'origine directe du recrutement de Licklider à l'ARPA, recrutement sur lequel nous reviendrons en détail.

Pour conclure sur cette question des programmes de recherche, il nous paraît important de souligner à quel point, en ce tout début de la nouvelle décennie, l'informatique est encore loin

---

la Défense, demandait à le voir, il ne posait jamais de question sur l'informatique mais s'intéressait uniquement aux deux programmes militaires.

des préoccupations immédiates des dirigeants du Pentagone et de l'ARPA. La priorité absolue de l'agence concerne alors les missiles et la détection des tests nucléaires.

3.5.4.3 Une situation privilégiée dans son « réseau de référence »

Il est important de préciser la place et les relations de l'ARPA dans son réseau d'appartenance : le Pentagone et la Maison Blanche.

3.5.4.3.1 Une agence placée « tout contre » le pouvoir

De qui dépend l'ARPA au sein de la hiérarchie du Pentagone et du gouvernement ?

Au moment de sa création en 1958, Eisenhower et McElroy ont également prévu un poste particulier au Pentagone, celui de DDR&E : *Director of Defense Research and Engineering* (Directeur de la Recherche et du Génie Militaires), qui doit avoir la haute main sur toute la politique de recherche militaire. A ce titre, le DDR&E, directement placé sous l'autorité du Secrétaire d'Etat à la Défense, est le responsable du Pentagone ayant en charge l'ARPA. Il est donc le premier patron des directeurs de l'agence.

La hiérarchie au-dessus de l'ARPA est ainsi constituée de **trois niveaux de décision**.

Au sommet, la **Maison Blanche**, qui intervient souvent très directement dans les programmes de l'ARPA. Selon Herzfeld, la plupart des grandes orientations de recherche sont, sous la présidence Kennedy, des initiatives de la Maison Blanche, notamment le *Defender Program*, le programme sur les tests nucléaires et le programme spatial. Ces programmes de recherche sont d'abord élaborés au sein du comité stratégique et scientifique de la Maison Blanche, le **PSAC** (*President's Science Advisory Committee)*, puis les propositions sont examinées par **Jerôme Wiesner**, le conseiller scientifique de Kennedy, qui joue un très grand rôle dans la validation de ces programmes ; ceux-ci sont ensuite approuvés par le Président, qui les assigne au DoD (*Department of Defense*).

Au deuxième niveau, le **Pentagone**, instance de tutelle de l'ARPA, avec à sa tête le Secrétaire d'Etat : McElroy sous la présidence Eisenhower, **Robert McNamara**, qui sera le Secrétaire d'Etat de l'engagement américain au Vietnam et restera au Pentagone de 1961 à 1967.

Au troisième niveau intervient le **DDR&E**, à qui le Secrétaire d'Etat délégue ses pouvoirs ; sous McNamara, le Directeur de la Recherche et du Génie Militaires est **Harold Brown,** « grand patron » direct de l'ARPA au Pentagone. C'est lui par exemple qui nomme Jack Ruina en 1961. Si le directeur de l'ARPA jouit d'une très grande liberté de maneuvre au sein du Pentagone,

n'ayant aucun autre service en situation de rivalité, il doit cependant rendre des comptes au DDR&E, qui ne paraît pas toujours « accommodant »[14].

Ainsi l'agence est-elle placée dans une situation à la fois privilégiée et difficile, par rapport au pouvoir qu'elle peut exercer. Privilégiée car, située au coeur même de la « machine politique » du pouvoir américain, elle n'est pas entravée par une hiérarchie bureaucratique. Nul doute que la liberté de recherche et la souplesse de fonctionnement de l'ARPA sont l'un des effets de cette situation administrative particulière. Mais position difficile également, car l'agence ne peut fonctionner qu'en symbiose étroite avec le pouvoir politique (ce qui sera d'ailleurs le cas pendant la présidence Kennedy et quelques années après, mais ce qui changera vers la fin des années 60).

Ne disposant pas de « garde-fou » face au pouvoir, l'agence est directement exposée aux aléas des changements politiques.

Par ailleurs, cette situation somme toute exceptionnelle place l'ARPA, dès sa naissance, dans une situation plus délicate face à ses partenaires du Pentagone.

3.5.4.3.2 Un véritable pouvoir de politique scientifique

Si les relations de l'ARPA avec son instance de tutelle seront souvent tendues, compte tenu des enjeux en cours et de la personnalité de ses « terribles patrons », selon l'expression de Ruina, qu'en est-il des relations avec les autres services du Pentagone, notamment les trois armes, dont la concurrence exacerbée avait été la raison première de la création de l'agence ?

Du fait des conditions de sa naissance et de son statut particulier, c'est peu dire que l'ARPA ne bénéficie pas d'un franc soutien parmi les autres services du DoD. Tout d'abord, richement dotée au départ comme on l'a vu, l'ARPA dispose encore, même après la brutale « cure d'amaigrissement » de l'automne 58, d'importants moyens financiers. Et ces moyens vont augmenter de manière significative entre 1961 et 63, puisque Ruina réussira à élever le budget annuel de l'agence à 250 millions de dollars.

Mais la véritable force de l'ARPA, qui ne peut que susciter jalousie et hostilité de la part des autres services, n'est pas liée à son confortable budget. Elle vient de cette prérogative, sur

[14] Ruina, expliquant les procédures d'élaboration des projets et les contraintes qu'il devait affronter, parle ainsi de son « patron » : « *I mean my boss, Hal Brown, was terrific, and his boss, McNamara, was terrific, and I never played any games with them.* ». J. RUINA, *Interview by William Aspray. 20 April 1989. Cambridge, art. cit.,* p. 6

laquelle McElroy n'avait pas cédé en 1958 : la possibilité de passer directement des contrats de recherche.

Selon Herzfeld, la technique de base de l'ARPA pour l'établissement des contrats est la suivante : le Directeur de l'agence, Jack Ruina ou plus tard Herzfeld, signe un ordre de l'agence adressé à un Département du DoD (*Army*, *Navy*, *Air Force*), pour leur demander d'exécuter tel contrat avec leurs contractants ou telle organisation, sur tel budget, etc..

L'ARPA est alors la seule organisation du DoD à pouvoir faire ce type d'intervention, dont l'avantage principal, pour l'établissement des contrats de recherche, est bien sûr la rapidité. Si elle est limitée par les différents règlements, c'est elle qui a le pouvoir de décision, « *si nécessaire au plus haut niveau, et si nécessaire avec l'autorisation du DDR&E ou du Secrétaire d'Etat, et pour des situations majeures*. »[15]. Cette position privilégiée par rapport aux instances de décision du Pentagone lui permet ainsi d'imposer éventuellement un contrat de recherche aux autres branches du Dod.

L'extraordinaire liberté et la rapidité d'intervention qui caractérisent l'ARPA n'auraient probablement pas été possibles, sans ce pouvoir décisionnaire dans la conduite de la politique scientifique et technique. On peut y voir aussi l'une des explications possibles de l'opposition, voire de l'hostilité presque constante d'une partie du Dod à son encontre.

Le schéma page suivante permet de situer la position institutionnelle de l'ARPA dans la chaîne de décision du pouvoir scientifico-militaire du début des années 60.

[15] C. HERZFELD, *Interview by Arthur L. Norberg. 6 August 1990. Washington, D.C., art. cit.,* p. 6

SITUATION DE L'ARPA DANS LA CHAINE DU POUVOIR SCIENTIFIQUE au début des années 60

3.5.4.4 Une organisation et un fonctionnement voués à l'efficacité

Comment est organisée l'ARPA au début des années 60 ?

Pour autant que nous ayons pu reconstituer partiellement le mode de structuration de l'agence, d'après les témoignages de Herzfeld et Ruina et sous réserve de plus amples informations, il apparaît que l'ARPA se caractérise, au début des années 60, par un mode d'organisation relativement simple, constitué d'un minimum de structures et d'échelons hiérarchiques.

Nous en avons relevés seulement deux : la direction générale de l'agence et les différentes directions des programmes de recherche.

La direction de l'agence est à deux têtes : le *Director*, nommé par le DDR&E du Pentagone et le *Deputy Director* (Directeur Adjoint), choisi par le Directeur.

Au-dessous de cette équipe de direction très réduite, interviennent les *Office Directors* ou directeurs de programme : il s'agit des responsables des principaux programmes de recherche, comme le *Defender Program*, le *Nuclear Test Detection Office*, etc..

Les directeurs de programme jouent un rôle essentiel au sein de l'agence, selon Herzfeld, qui insiste sur leur capacité d'initiative : « *Les chefs de service étaient réellement les acteurs clés durant la plus grande partie de l'histoire de l'ARPA* ». Enfin ces *Office Directors* sont également secondés d'un *Assistant Director*[16]. Enfin au sein même des services de l'ARPA, qui correspondent aux programmes de recherche, il semble que les effectifs soient assez réduits.

Ainsi le mode de structuration de l'agence s'avère-t-il en complète adéquation avec les objectifs assignés : développer les projets de recherche avancée. Une organisation trop lourde, bureaucratique et hiérarchisée aurait été inadaptée à cette mission.

Le schéma suivant présente une représentation simplifiée de cette organisation de l'ARPA.

---

[16] L'itinéraire de Herzfeld dans l'agence est intéressant à décrire, car il a parcouru en quelques années presque tous les postes. Recruté à l'automne 1961 d'abord comme *Assistant Director* (directeur associé) du *Defender Program*, principal programme de recherche en cours, il devient en 1963 *Deputy Director* (Directeur Adjoint) de l'ARPA, aux côtés du nouveau directeur Bob Sproull, avant d'être nommé enfin *Director* de l'agence en 1965, poste qu'il occupera jusqu'en 67. Comme il le résume lui-même, « *pendant deux ans, j'ai dirigé la moitié de l'ARPA* (le Programme de Défense), *et puis pendant deux ans, j'ai partagé la direction de la totalité de l'ARPA, et pendant deux ans j'ai dirigé la totalité de l'ARPA* ». C. HERZFELD, *Interview by Arthur L. Norberg. 6 August 1990. Washington, D.C., art. cit.*, p. 12

ORGANIGRAMME et PROGRAMMES DE L'ARPA

3.5.4.5 Le nouveau « style ARPA »

Pour que cette simplicité dans la structuration interne soit un véritable facteur d'efficacité, encore faut-il qu'elle soit couplée à un mode de fonctionnement adéquat. Ce sera le cas à partir de 1961.

Quel est ce mode de fonctionnement, que les services du Pentagone et les différents partenaires de l'agence vont bientôt appeler le « style ARPA » ?

Un nouveau style de management, très souple et décentralisé, qui caractérisera longtemps le mode de fonctionnement de l'agence et qui se développe sous la direction de Jack Ruina, à partir de 1961. Ce « style ARPA », sur lequel nous aurons l'occasion de revenir, est un mélange de décontraction, de rapidité de décision, de souplesse de gestion et de hardiesse dans la recherche. Il sera, selon nous, l'un des facteurs-clé de la réussite des interventions de l'ARPA dans la recherche informatique.

Quelles en sont les principales caractéristiques ? On peut les résumer à trois éléments clé, dont l'imbrication, la coalescence vont assurer un style de fonctionnement alors atypique pour une agence de recherche :

- **la rapidité d'intervention** : il s'agit à la fois d'un objectif, d'une valeur et d'une modalité de fonctionnement de l'agence. Les contrats doivent se négocier et se développer rapidement et les décisions être prises en peu de temps. L'ARPA a été pensée et voulue comme une sorte de chevau-léger de la recherche, qui doit galoper loin devant les grandes agences plus traditionnelles, ouvrir la voie et susciter des recherches « avancées », comme le réclame son nom. De tels objectifs sous-entendent un fonctionnement le moins bureaucratique possible, dans lequel tous les facteurs de lenteur doivent être éliminés. Nous donnerons plusieurs exemples de cette rapidité de décision, lors de la naissance d'ARPANET.

- **l'autonomie, la liberté d'initiative des acteurs** : la deuxième grande caractéristique du « style ARPA », qui va surtout se développer avec Ruina, est très liée à la première. Pour que l'agence soit efficace et rapide, il faut laisser aux responsables une grande liberté de manoeuvre, une réelle autonomie de décision. C'est la véritable marque de fabrique du style de management de Jack Ruina, qui accordera une grande confiance à ses collaborateurs et les laissera travailler seuls. Nous verrons que ce sera le cas notamment avec Licklider, qui jouira d'une très grande autonomie au sein de l'ARPA[17]. Notons également la relation de grande confiance entre Ruina et Herzfeld, qui va grandement faciliter l'essor de la jeune agence. Ainsi, selon Herzfeld :

---

[17] Ruina rencontrait Licklider peut-être une fois par mois, alors qu'il rencontrait les responsables des projets de défense cinq fois par jour, sur différents thèmes. Ce fait nous renseigne également sur la place relative de l'informatique aux yeux de Ruina.

« les directeurs de service sérieux pouvaient faire absolument ce qu'ils pensaient nécessaire de faire, avec un minimum d'interférences ou de tracasseries, car ils avaient le soutien des directeurs »[18].

- **le primat des relations individuelles sur les rapports hiérarchiques** : le fonctionnement interne de l'ARPA dans les années 60 paraît reposer avant tout sur des contacts quotidiens, réguliers et généralement détendus entre les différents responsables[19]. Ce type de fonctionnement, fondé sur les rapports directs entre le Directeur et les chefs de programme, caractérise l'ensemble des programmes de l'ARPA, avec des degrés plus ou moins élevés de complicité et de confiance. Ainsi la plupart des décisions sont-elles prises lors de contacts informels et rapides entre les Directeurs de programme et le Directeur.

3.5.4.6 Un potentiel de force exceptionnel

En résumé, au début 1962, l'ARPA possède déjà la plupart des atouts qui vont faire sa force. Rappelons-les brièvement :

- une direction renouvelée, dynamique, soudée, déléguant beaucoup ses pouvoirs (Ruina et Herzfeld notamment) ;
- une petite équipe de directeurs de programmes très compétents, fortement mobilisés, jouissant de pouvoirs étendus (Herzfeld, Frosh, plus tard Licklider, etc.) ;
- des moyens financiers redevenus énormes (budget de 250 millions de dollars) ;
- de puissants soutiens politiques à la Maison Blanche (notamment de Jerôme Wiesner) ;
- un pouvoir décisionnaire exceptionnel en matière de contrats de recherche, lui permettant de passer par-dessus les autres services du Pentagone ;
- une mission axée sur la recherche fondamentale, induisant un esprit d'audace scientifique et de curiosité très développé ;

---

[18] *Ibid.*, p. 7

[19] Un extrait de l'interview de Herzfeld illustre très bien le type de relations alors en vigueur à l'ARPA :
« NORBERG: What sort of interaction did you have with Ruina when you came?
HERZFELD: Very friendly, very frequent, very informal and pleasant. He would wander into my office whenever he felt like it, and I would go see him whenever it was necessary - several times a day usually, on the phone with each other, lots of meetings together.
NORBERG: What went on during these meetings?
HERZFELD: Well, I would tell him, "Look, Jack, I really..." For example, "In order to get this comparison of the U.S. penetration aids and potential Soviet defenses together, we have to get one contractor that really handles all of the data. This contractor has to be able to get all the clearances - a very sensitive matter; the most sensitive then around. And if I can't do that then I can't do the job." He says, "Fine, who do you have in mind?" I said, "Well, A,B, and C." He says, "Fine, sounds great to me. Go do it."
NORBERG: Was this a fairly typical interaction?
HERZFELD: Yes. »
C. HERZFELD, *Interview by Arthur L. Norberg. 6 August 1990. Washington, D.C., art. cit.*, p. 7.

- une structuration assez simple et légère, permettant une forte « réactivité » ;
- un fonctionnement interne fondé sur la plus grande souplesse, la délégation de pouvoirs, les relations de confiance : le « style ARPA » ;
- une grande rapidité d'intervention et de décision, exprimée dans le caractère informel de nombreuses réunions et interactions ;
- un contexte général éminemment favorable à la recherche scientifique (le « tournant Kennedy »).

En bref, tous les éléments sont réunis pour conférer à l'ARPA une « force de frappe » et un potentiel d'intervention dans la recherche scientifique redoutables.

En 1962, à l'heure du mur de Berlin et de la crise des missiles, cette force politico-scientifique est alors presque exclusivement tournée vers les besoins de la défense nationale. Il faut attendre la venue de Licklider à l'automne 62, pour la voir se déployer dans le champ de l'informatique, qu'elle changera en profondeur.

3.5.5 Schéma des premières années de l'ARPA

Le schéma de la page suivante tente de représenter les principales étapes et « traductions » qui ont scandé les premières années de l'agence, depuis sa création en 1958 jusqu'à l'arrivée de Jack Ruina à la direction.

Schéma n° 4.1 La filière de l'ARPA : 1958 - 1961

3.5.6 La montée en force du thème du *Command and Control*

Afin de comprendre l'entrelacs des nombreuses opérations de « traduction » et des interconnexions reliant différents pôles menant à l'émergence d'ARPANET, il nous faut présenter, au moins brièvement, un mouvement général de recherche qui va se développer à la même époque et un autre organisme de recherche militaire.

3.5.6.1 Le Command and Control comme thème fédérateur : l'exemple des « C2 systems » et du Planning Office

La cybernétique n'a pas concerné seulement les théoriciens de l'information, les anthropologues, les neuro-psychiatres ou les informaticiens. Les milieux militaires se sont également beaucoup intéressés aux concepts de l'information, théorisés par Wiener ou Shannon. A la charnière des années 50-60, la question de la maîtrise de systèmes complexes d'information se pose pour eux de manière cruciale, comme le montre l'exemple du vaste système automatisé de surveillance aérienne, *SAGE*. L'une des notions-clés de la cybernétique, la commande et le contrôle à distance de systèmes d'information, va alors devenir centrale et susciter un vaste mouvement de recherche multi-disciplinaire.

Debons et Horne[20]ont montré en détail le rôle majeur de cette notion, émergeant avec force dans les années 60-64, non seulement dans la recherche militaire américaine et occidentale mais aussi, et le fait est moins connu, dans le champ encore en constitution des sciences de l'information. En effet, ce concept, fondé sur la principale prémisse de la cybernétique selon laquelle tout organisme peut être appréhendé en tant que système d'information, est au carrefour de la plupart des recherches menées sur différents thèmes de l'informatique et des télécommunications : transmission électronique du signal, traitement des données, intelligence artificielle, résolution de problèmes (« *problem solving* »), processus de décision automatisé, etc..

Toutes ces questions, liées avant tout à la défense des intérêts nationaux américains et au fonctionnement des systèmes de *Command And Control*, font l'objet, en cette époque de guerre froide presque chaude[21] d'intenses travaux de recherches, mobilisant les services de l'armée mais aussi d'innombrables acteurs de la recherche civile, universitaire ou privée. Car la

[20] A. DEBONS, E. HORNE, NATO Advanced Study Institutes of Information Science and Foundations of Information Science, *Journal of the American Society for Information Science*, n° 48 (9), septembre 1997, p. 794-803

problématique des systèmes de commande et de contrôle de l'information, développée surtout dans les milieux militaires de l'OTAN et du Pentagone, déborde largement le seul cadre du champ de bataille. L'enjeu des recherches est également scientifique, car il s'agit d'élaborer un concept unificateur ou un cadre conceptuel commun, permettant de faire la synthèse des multiples travaux et questions, qui intéressent au plus haut point des chercheurs de toutes disciplines : mathématiciens, philosophes, psychologues, linguistes, neurologues...

Ainsi assiste-t-on, autour de la notion de Système de Commande et de Contrôle de l'information, à l'émergence d'un large réseau de recherche reliant presque tous les grands organismes et acteurs de la recherche américaine :

- au premier plan, les services de recherche des trois armes (*Army*, *Navy*, *Air Force*), très engagés dans ces activités, ainsi que les chercheurs impliqués dans le projet *SAGE* ;
- des acteurs de l'informatique impliqués dans les premières recherches sur les banques de données, comme la firme *System Development Corporation* (*SDC*) et son projet de traitement des données bibliographiques *BOLD* (*Bibliographic Online Library Display*) ;
- le champ de la documentation et une bonne part des organisations civiles consacrées aux sciences de l'information, comme *l'International Conference on Scientific Information* (*ICSI*), *l'American Documentation Institute (ADI*), *l'American Society for Information Science (ASIS*) ;
- diverses séries de conférences (les conférences *Synthex*, *Informatics*, *Bionics*, *Cybernétics*), d'autres recherches soutenues par la NSF ou par l'ARPA, sont également concernées de près ou de loin par ce mouvement général, militaro-scientifique, autour du concept cybernéticien de « Commande et Contrôle ».

Nous n'entrerons pas ici dans cette immense « boîte noire », émergeant au même moment que l'informatique interactive, avec laquelle elle a d'ailleurs partie liée. Soulignons seulement que la question d'un modèle commun, d'un concept intégré ou d'un « paradigme » unificateur de l'information, se pose avec acuité au début des années 60, à la fois dans les universités, un certain nombre d'organisations de recherche et au sein du commandement de l'armée.

L'une des réponses à cet enjeu scientifique et militaire sera donnée par le commandement général de l'*US Air Force* (le *United States Air Force Systems Command)* avec la création le 1er juillet 1961 d'une nouvelle organisation de recherche : *l'ESD - System Design Laboratory*

---

[21] Quelques points de repère essentiels de la tension internationale : échec du débarquement de la Baie des Cochons en avril 1961, construction du Mur de Berlin en août, crise des missiles de Cuba en octobre 1962, début de l'engagement américain au Vietnam en 61-62...

Planning Office. Quelles sont les missions de cette ESD (*Electronic Systems Division)*, appelée rapidement le *Planning Office*, qui est un organisme de recherche totalement militaire, à la différence de l'ARPA ? Elles sont de deux ordres :

- soutenir les initiatives de recherche et de développement pour les « *C2 (Command and Control) System* » en mobilisant une population diversifiée de chercheurs et d'institutions ; sur ce point, la tâche du *Planning Office* paraît assez analogue à celle de l'ARPA, en tant qu'agence de soutien à la recherche ;
- élaborer et formuler un « concept unifié » en vue de la création et de l'installation d'un laboratoire scientifique, dédié à la recherche et au développement pour le compte du *C2 System*.

C'est surtout ce deuxième volet de la mission du *Planning Office* qui doit être retenu pour caractériser cet organisme.

La tâche du *Planning Office*, dirigé par Anthony Debons, est donc de « *formuler un cadre conceptuel général, sur lequel pouvait être réalisée la structure (l'analyse et la conception) d'un système de commande et de contrôle, pour le Strategic Air Command (SAC).* »[22]. Le SAC est chargé à cette époque de la riposte aux missiles balistiques soviétiques.

La nouvelle organisation va être créée avec le soutien matériel d'une autre organisation importante de la recherche militaire : la *MITRE Corporation*[23].

Quels sont les liens de ce mouvement de recherche militaire et multidisciplinaire sur le concept de « *Command and Control* » avec l'ARPA et l'émergence d'ARPANET ? Pourquoi évoquer ces organismes et ces recherches qui nous plongent au coeur de la machine de guerre américaine ?

Tout d'abord, le *Planning Office* et la *MITRE Corporation* font partie des partenaires de l'ARPA, les gens qui y travaillent viennent en bonne partie du MIT et les liens, personnels, techniques, politiques et organisationnels entre les deux « acteurs-réseaux » sont nombreux.

Dans les multiples relations entre acteurs, organisations et artefacts (que nous renonçons à décrire pour ne pas nous éloigner de notre récit), l'une des connexions les plus importantes entre

---

[22] A. DEBONS, E. HORNE, NATO Advanced Study Institutes of Information Science and Foundations of Information Science, *art. cit.*, p. 796

[23] La *MITRE Corporation* est une émanation du Lincoln Lab*oratory*, dont nous avons vu le rôle capital à la fois dans l'informatique et dans la défense militaire américaine. Cette entreprise de recherche, à but non lucratif, a été initiée par l'*US Air Force* dans le cadre du système *SAGE*. Issue de la Division Informatique du Lincoln Lab*oratory*, elle est créée en janvier 1959, avec le transfert de 485 chercheurs du MIT, travaillant au Lincoln Lab*oratory*, dans un nouveau complexe de recherche. La *MITRE* sera chargée essentiellement de la maintenance et de l'organisation du système *SAGE* et sera ainsi l'une des organisations de pointe en matière de *Command and Control*. L'origine du nom, *MITRE* (qui n'est ni un sigle ni un acronyme), reste peu claire : il a été choisi, en partie, en référence au MIT, d'où viennent les fondateurs et les membres de ce nouveau symbole du complexe militaro-scientifique américain.

ces deux « acteurs-réseaux » est la demande formulée en 1961 par Harold Brown, le Directeur de la *Defense Research and Engineering* (DDR&E) au Département de la Défense, adressée à l'ARPA pour assigner à l'agence le développement d'un projet de recherche sur le « *Command and Control Systems* » : il s'agit d'engager aussi l'ARPA dans la réflexion commune et de développer un travail de recherche sur l'utilisation des équipements informatiques pour la « *Command and Control Research* »

Or c'est cette commande du DoD à son agence qui est à l'origine du recrutement de Licklider et de la création de la structure de soutien aux recherches informatiques, l'IPTO. Dans l'opération de « traduction », que représente la venue de Licklider à l'ARPA, le début de la « chaîne » se situe ainsi dans ce mouvement général de recherche autour des notions de *Command and Control*.

3.6 La jonction de 1962 : l'arrivée de Licklider à l'ARPA

Nous avons retracé en détail l'apparition d'un système d'exploitation, le *time-sharing*, dont les traductions et les interconnexions multiples ont abouti à l'émergence d'un nouveau modèle de l'informatique : l'informatique interactive. D'un autre côté, nous avons remonté la « filière » de l'ARPA et essayé de rendre compte de la spécificité de cette agence de recherche. En 1962, ces deux grandes lignes de force, partie prenante de l'émergence à venir d'ARPANET, ne sont pas reliées entre elles : ainsi l'ARPA n'a-t-elle encore aucune relation directe avec le MIT, BBN ou les acteurs du *time-sharing*.

Selon notre perspective, la naissance d'ARPANET résulte d'un long processus d'interconnexion de différents réseaux et « acteurs-réseaux », de taille, d'identité et de nature hétérogènes. Au sens strict, l'ARPA et le modèle de l'informatique interactive ne sont « comparables » en rien, compte tenu de ce qui les constitue, et il peut sembler étrange de mettre sur le même plan une organisation gouvernementale et un ensemble diffus et éclaté de recherches et de projets informatiques. L'intérêt de la sociologie de la traduction consiste pourtant à dépasser les clivages « essentialistes » pour ne prendre en compte que des configurations de réseaux hétérogènes, des agencements de lignes de force. Nous considérerons donc ces deux ensembles que sont l'ARPA et le *time-sharing* comme des acteurs-réseaux plus ou moins consolidés, *i.e.* des réseaux constitués de toutes sortes d'entités et devenus eux-mêmes des acteurs à part entière, dont l'interconnexion va s'opérer sous l'effet d'un « opérateur » humain, Licklider.

En octobre 1962 en effet, se produit un fait important dans le parcours de Licklider, qui s'avérera surtout décisif dans le processus d'émergence d'ARPANET : son arrivée à l'ARPA. Cette appréciation, quasi-unanime chez les acteurs comme chez les historiens d'ARPANET, sur l'importance historique de ce nouveau déplacement de Licklider est motivée par la connaissance rétrospective du déroulement ultérieur des faits : la création de l'IPTO, la mise sur pied du réseau de chercheurs associés à l'ARPA, le lancement du réseau sous la tutelle de l'ARPA/IPTO. Mais la plupart des explications historiques sur ARPANET et sur le rôle de Licklider nous paraissent prisonnières de cette illusion rétrospective si répandue, consistant à prendre le résultat pour la cause et le succès d'une innovation ou d'un acteur pour la preuve irréfutable de son intérêt ou de son génie. L'explication courante de la naissance des réseaux n'échappe guère au raisonnement tautologique célèbre : « nous vaincrons parce que nous sommes les plus forts ». L'IPTO serait ainsi « à l'origine » d'ARPANET, grâce notamment aux intuitions géniales et au travail de Licklider. Certes, mais comme « *il est impossible d'utiliser la fin de l'histoire pour*

expliquer son début et son déroulement »[1], il nous faut suivre les acteurs pas à pas et rester fidèle à cette entreprise de description à la fois chronologique et « cartographique » des multiples chaînes de traduction qui vont constituer dans l'incertitude la plus totale le réseau sans doute le plus solide et le plus irréversible de l'histoire des réseaux.

Après avoir rappelé la situation de ces trois « acteurs-réseaux » que sont le time-sharing, l'ARPA et Licklider lui-même, nous retracerons les conditions incertaines de leur interconnexion de 1962.

3.6.1 Etat des « forces » en 1962

Comment se présentent les trois « forces » en question, *i.e.* le *time-sharing*, l'ARPA et Licklider, avant la jonction de 1962 ?

3.6.1.1 Forces et faiblesses du time-sharing

Fin 62, la « problématisation » du *time-sharing* a conduit à la mise en place d'un premier ensemble d'acteurs et d'intermédiaires : des territoires, des frontières et des relations entre ces territoires commencent à être définis, un problème qui va devenir commun à de nombreux acteurs est délimité (celui de l'accès partagé aux ordinateurs), des acteurs, des intermédiaires ont commencé à apparaître, à circuler, à s'associer.

Quels sont les points forts de cet « acteur-réseau » en émergence ? Citons :

- **l'apparition de nombreux chercheurs,** qui se sont identifiés à ce nouveau thème de la recherche informatique (Corbato, Fano, McCarthy, Teager, Licklider, etc..) ;
- **l'éclosion de différents projets** : trois projets au MIT, un chez BBN, un autre également à la RAND Corporation. Projets d'importance inégale mais dont la multiplication témoigne de la diffusion de l'idée ;
- **l'intéressement des dirigeants et des responsables de plusieurs organisations** : MIT, Université de Stanford, BBN, DEC ;
- **la formulation, les premières théorisations** : le *time-sharing* est un thème de recherche vivace, donnant lieu à un nombre croissant de textes scientifiques et techniques ;
- **la percée publique** : depuis la première communication de Strachey à la Conférence de l'IFIP de 1959, plusieurs conférences et colloques ont traité de cette utilisation de l'ordinateur. Le *time-sharing* a commencé à sortir des cercles restreints des laboratoires du MIT ou de BBN.

---

[1] D. VINCK (sous la coord. de), *Gestion de la recherche. Nouveaux problèmes, nouveaux outils*, De Boeck-Wesmael, 1991, p. 462

Que trouve-t-on du côté des points faibles ou des fragilités ?

- des acteurs divisés des projets émiettés ;

- des limites techniques : les techniques ne sont pas encore au rendez-vous à la fin 62, même si les premiers ordinateurs à transistors changent la donne et vont donner le signal du vrai départ du *time-sharing ;*

- le caractère expérimental des travaux : les projets sont généralement des expérimentations, des prototypes, ce qui souligne l'état balbutiant de la technique et la fragilité du réseau en voie de constitution ;

- **le petit nombre des acteurs impliqués** : le nombre de lieux, d'organisations et de chercheurs concernés par le *time-sharing* reste encore très limité, eu égard à l'ensemble du champ de la recherche informatique. Fin 62, le *time-sharing* n'existe que sur la côte Est[2] et, dans le pôle « scientifique » n'est présent qu'au MIT ;

- l'indifférence ou les réticences des autres acteurs : en cette fin 62, le *time-sharing* se heurte à l'ignorance, l'indifférence, voire l'hostilité de nombreux chercheurs, et non des moindres, du champ informatique.

Pour conclure ce rapide état des lieux du *time-sharing* selon « le répertoire de la traduction », quelle étape du processus serait atteinte à la fin 62 ? S'il est difficile et quelque peu hasardeux de vouloir caractériser une innovation aussi diversifiée par une étape unique et précise du processus de traduction, risquons l'hypothèse que le *time-sharing* n'est pas loin d'accéder à la fin 1962 au statut de ce que la sociologie de la traduction appelle un « acteur-réseau » : un réseau socio-technique (une organisation, un mouvement quelconque, un pôle de recherche) qui, par sa cohérence interne et la solidité de ses liens, peut agir lui-même en tant qu'acteur sur la scène sociale ou scientifique.

Le passage sera assuré, selon nous, par le *Project MAC*[3], qui va réellement « cristalliser » le réseau encore lâche des acteurs du *time-sharing*.

---

[2] Notons qu'avec le départ de McCarthy pour l'Université de Stanford à l'automne 62, un « pont » sera jeté sur la côte Ouest, où le *time-sharing* va commencer à s'implanter à partir de 1963.

[3] Voir le chapitre 4.2 : *Le Project MAC et ses suites*

3.6.1.2 La recherche informatique à l'ARPA : un potentiel à exploiter mais dans quelle direction ?

La recherche informatique est loin d'être une priorité pour les dirigeants de l'ARPA[4] et nous avons vu que l'essentiel des activités de recherche de l'agence concerne le domaine militaire (missiles, tests nucléaires). Le seul contrat en cours sur l'informatique est celui mené avec la firme SDC pour l'étude du *Command and Control*.

Par rapport aux différents programmes de recherche de l'ARPA conduits en 1960-61, Jack Ruina a alors les positions suivantes :

- une attention presque exclusive tournée vers les gros programmes de défense ;
- une relative méfiance pour le programme de recherche sur les sciences du comportement ;
- un certain intérêt pour les potentialités de l'informatique interactive, mais sans vision très précise de ses possibilités.

Ruina n'est donc pas à l'origine de la prise de conscience de l'ARPA sur les recherches informatiques, mais dit s'être laissé facilement convaincre par le reste de l'équipe de l'agence qu'il fallait développer les recherches dans ce domaine. L'autre dirigeant important de l'ARPA, Charles Herzfeld, a une position beaucoup plus affirmée sur l'importance des « nouvelles technologies » d'alors. Si Herzfeld n'est pas non plus un informaticien au sens strict[5], il a cependant une perception assez forte des enjeux de l'informatique, vision forgée et alimentée par deux séminaires auxquels il a participé[6].

---

[4] Parfois pour des raisons paradoxales. Jack Ruina, par exemple, a une position assez intéressante à relever : peu formé lui-même à l'informatique, il a eu connaissance cependant, lorsqu'il était à l'*US Air Force* avant 1961, de nombreux dossiers en informatique, ayant participé à des achats d'ordinateurs ou à des projets d'applications d'Intelligence Artificielle pour le *Command and Control*. Mais il trouve que *« la technologie n'était pas prête pour cela* (*i.e.* les recherches sur le Command and Control) ». Soucieux d'efficacité et rigoureux dans la gestion, conscient des limites technologiques, il fait une différence importante entre les « mots écrits » (les projets) et « ce qui marche réellement ». Pour lui, « *l'écriture de projets servait à satisfaire certaines demandes bureaucratiques* », comme la justification devant le Congrès. Mais Ruina ne peut se permettre ce « type de jeux » avec ses « terribles patrons », Harold Brown et McNamara. De nombreux projets ou propositions de projets informatiques arrivent cependant sur son bureau, la plupart axés sur le problème majeur du moment, le *Command and Control* sur le champ de bataille. Mais Ruina reste réservé sur les possibilités réelles de l'informatique du moment. J. RUINA, *Interview by William Aspray, art.cit.*, p. 5-6

[5] Sa formation initiale est celle d'un physicien et il ne semble pas avoir participé à des projets techniques sur les ordinateurs.

[6] Le premier est déjà ancien puisqu'il date de 1948, lorsque Herzfeld assiste à un séminaire de trois jours à l'Université de Chicago, animé par l'un des pères fondateurs de l'ordinateur, John Von Neumann. Ce séminaire de haut niveau va constituer pour lui, non seulement son premier contact avec l'informatique, mais surtout un « cadre de pensée », qui va guider sa vision du monde de l'informatique pour une bonne quinzaine d'années. Et au cours de l'hiver 61-62, alors qu'il est déjà en poste à l'ARPA, il assiste à la série de conférences que donne Licklider sur l'avenir de l'ordinateur : une seconde « révélation intellectuelle » (selon son expression) va réorienter toute sa conception de l'informatique. Herzfeld est gagné à la cause des nouvelles orientations jugées inévitables par Licklider et qu'il s'agira d'anticiper et de préparer : celles du *time-sharing*, de l'informatique interactive, de la mise en réseaux, du traitement graphique...

On peut résumer ainsi la position des dirigeants de l'ARPA en 1962 face à la recherche informatique :

- une nette majorité de responsables dans les différents programmes largement favorables à un développement des recherches informatiques, notamment sur les problèmes de *Command and Control*, mais dans la perspective « classique » fondée sur le mode d'exploitation en vigueur à l'époque (le traitement par lots) ;
- un Directeur Associé de programme, Charles Herzfeld, fortement partisan des nouvelles orientations de l'informatique interactive ;
- un Directeur de l'agence, Jack Ruina, sceptique sur le traitement par lots et intéressé par l'informatique interactive, mais peu informé des possibilités réelles et surtout préoccupé par les autres programmes.

C'est dans ce contexte que se fait l'arrivée du visionnaire de l'informatique communicationelle.

3.6.1.3 Licklider comme « point de passage obligé »

Si l'on tente de reconstituer le réseau socio-technique au sein duquel se situe Licklider en 1961-62, *i.e.* les multiples acteurs avec lesquels il est en relation plus ou moins étroite, que pouvons-nous observer ? Une donnée majeure : le théoricien de la symbiose homme-machine se trouve, avant son arrivée à l'ARPA, au centre des trois « pôles » constitutifs de l'informatique américaine, universités, entreprises, armée et plus précisément au coeur du nouvel « acteur-réseau » qui émerge autour de l'informatique interactive.

Le schéma que l'on trouvera plus loin illustre cette position « centrale » de Licklider.

En 1962, il travaille chez BBN, *i.e.* dans le « pôle Entreprises ». Reconnu par tous les chercheurs de l'entreprise, il est en relation de partenariat avec l'entreprise DEC (cf le projet de *time-sharing*), mais connaît aussi les gens d'IBM, de SDC, de la RAND Corporation.

Son réseau social personnel le plus dense se situe néanmoins dans le « pôle Scientifique » des universités. Il est d'abord resté en étroite relation avec le MIT : contacts avec les dirigeants, les chercheurs des différents laboratoires (RLE, *Computation Center*) et surtout proximité intellectuelle et personnelle très forte avec les tenants du *time-sharing* (notamment Fano, McCarthy, Morse, Dennis). Il participe aux événements forts du MIT (Conférence du centenaire) et connaît la plupart des chercheurs en informatique, en psychologie et en sciences de l'information du célèbre institut. Comme le rappellera Fano, Licklider « *était chez lui au MIT* ».

Ses contacts personnels dans le monde académique ne se limitent pas au MIT et Licklider, qui vient de Harvard, a gardé de nombreuses relations avec des chercheurs de cette université. Il semble avoir aussi, dès 1962, des contacts avec des collègues de UCLA (comme un certain George Brown) et d'autres universités de la côte Ouest et d'ailleurs. Mais la partie universitaire de son « réseau scientifique », juste avant son arrivée à l'ARPA, est plutôt concentré sur la côte Est et particulièrement Cambridge. Dans le « pôle Scientifique », notons qu'il est également depuis 1961 en contact régulier avec le *Council of Libraries*, dirigé par Verner Clapp, pour qui il a entrepris son étude chez BBN sur l'informatique documentaire.

Par ailleurs, Licklider connaît parfaitement les rouages et les acteurs de la gestion de la recherche de l'époque, qu'ils soient civils ou militaires. Du côté des agences civiles de financement de la recherche[7], Licklider a été en contrat avec le NIH (*National Institutes of Health)* et a rencontré les gens de la NSF. Mais il connaît mieux les agences de recherche de l'armée, avec lesquelles il a déjà souvent travaillé au MIT et chez BBN, notamment l'AFOSR (*Air Force Office of Scientific Research*) et l'ONR (*Office of Naval Research*), qui ont financé certains de ses projets.

Si l'on regarde vers le pôle « Armée », nous avons souligné les nombreuses interactions de Licklider avec les responsables de la recherche militaire, non seulement les agences de financement mais aussi les comités scientifiques consultatifs, comme *l'Air Force Scientific Advisory Board*, dont il fait toujours partie en 1962[8]. Il participe par ailleurs à de nombreuses réunions et conférences organisées par l'armée ou des organismes de recherche très liés au Pentagone, comme la *MITRE Corporation*. Dans le pôle militaire mais « tout contre » le MIT, rappelons qu'il est également en relation régulière et amicale avec de nombreux chercheurs du Lincoln Lab*oratory*, à la création duquel il a participé[9]. Enfin, en remontant vers les cercles du pouvoir, Licklider connaît personnellement depuis longtemps le nouveau conseiller scientifique de Kennedy, Jerôme Wiesner.

On voit bien, par cette liste indicative des composants du « réseau social » de Licklider, la position « centrale » (au sens donné par la scientométrie) qu'il occupe dans la recherche scientifique et informatique au début des années 60. Rappelons que la centralité, dans les

---

[7] Pour rester cohérents avec notre propre typologie des trois « pôles », nous avons placé les agences civiles (NSF, NIH) dans le pôle « Scientifique » et les agences militaires (ONR, AFOSR...) dans le pôle « Armée ». Classement purement arbitraire, car l'on pourrait considérer toutes les organisations de financement de la recherche comme relevant du pôle Scientifique, tel qu'il est défini par Callon.

[8] Il quittera ce comité scientifique de l'armée de l'air dès son arrivée à l'ARPA à l'automne 62, ne pouvant cumuler les deux emplois.

[9] Citons par exemple Wes Clark, qui l'a initié à l'informatique, toute l'équipe du TX-0 et du TX-2, ses anciens collègues du groupe de recherche en psychologie, etc..

cartographies scientométriques, est l'un des principaux indicateurs de position d'un acteur ou d'un actant :

> *« elle donne la mesure des relations d'un individu ou d'un groupe avec l'ensemble des autres individus et groupes. Lorsque ces relations sont nombreuses, l'individu ou le groupe concerné est dit central. Lorsqu'elles sont rares, il est dit marginal. »* [10]

Incontestablement, les relations de Licklider avec les divers acteurs concernés de la recherche informatique sont nombreuses et fortement convergentes.

L'autre indicateur habituel des réseaux sociaux de la techno-science, ou des analyses scientométriques des publications, est la densité, qui mesure la fréquence relative des relations, la force des interactions, le degré plus ou moins lâche des liens qui unissent différents acteurs.

De ce point de vue-là aussi, la position de Licklider est caractérisée par une forte densité, compte tenu de l'impact de ses publications[11], de la fréquence et du succès de ses conférences (notamment de l'hiver 61-62), en bref de l'influence qu'il exerce alors auprès de très nombreux chercheurs et responsables scientifiques.

A notre connaissance, très peu de chercheurs dans le champ émergent de l'informatique peuvent prétendre à un tel palmarès à cette époque. Toutes proportions gardées, Licklider apparaît bel et bien comme le « Vannevar Bush » de l'informatique des années 60 et il est d'ailleurs intéressant de noter que le coordonnateur de l'effort de guerre scientifique du *Manhattan Project* représente l'un des principaux modèles en matière de gestion scientifique, auquel Licklider s'identifiera explicitement.

Ainsi, à la veille de son recrutement par l'ARPA, Licklider apparaît clairement comme un « point de passage obligé » pour tout projet d'envergure de la recherche informatique.

---

[10] D. VINCK, *Sociologie des sciences, op. cit*. p. 68

[11] *Man-Computer Symbiosis*, par exemple, est plusieurs fois cité par de nombreux acteurs comme l'un des textes les plus importants de l'époque. Voir la section sur Engelbart.

Schéma n° 3.1 : Le réseau de Licklider en 1962

3.6.2 Les ambiguïtés de l'arrivée de Licklider à l'ARPA

Pourtant, selon son propre témoignage, son arrivée à l'ARPA s'est faite très soudainement et sans préméditation de sa part.

L'histoire est intéressante car elle nous montre, au rebours des visions déterministes de l'innovation et du modèle « diffusionniste », toute la part d'incertitude, d'informel, de hasard aussi, qui entre dans les processus d'innovation.

Une triple ambiguïté caractérise le recrutement de Licklider par l'ARPA :

- l'indécision de Licklider lui-même ;
- l'imprécision des missions qui doivent lui être confiées ;
- le malentendu sur le type de recherches informatiques à entreprendre.

3.6.2.1 Du côté de l'ARPA : quels projets, quels intérêts ?

Pour mieux comprendre les conditions de ce recrutement, il faut rappeler deux commandes faites à l'ARPA en 1961 et 1962 :

- d'une part, la commande provenant des chefs du Pentagone, *i.e.* du DDR&E Harold Brown, dont l'objectif est de développer les recherches sur le *Command and Control ;*
- d'autre part, la recommandation du *Defense Advisory Board* au DoD pour le développement de recherches en sciences comportementales (*behavorial sciences*)[12].

La première commande a donné lieu à un contrat entre l'ARPA et la SDC. En mai 1961, pour mener à bien cette recherche sur le *Command and Control*, *l'US Air Force* met à la disposition de l'ARPA un très gros et coûteux ordinateur, le *Q-32*, véritable monstre technologique servant au système d'alerte mis en place dans le cadre du plan *SAGE*. L'ordinateur, installé dans les laboratoires de la firme SDC à Santa Monica, a d'abord servi à l'entraînement des opérateurs du système SAGE, puis s'est trouvé sans utilisation quelques mois plus tard à cause d'une réduction budgétaire de l'Air Force. L'ARPA cherche alors quelqu'un pour reprendre et développer le contrat avec SDC, le projet étant dans l'impasse vers la fin 61-début 62.

Jack Ruina a également besoin d'un autre responsable pour diriger le projet de recherche sur les sciences du comportement, pour lequel il éprouve de grandes réserves.

---

[12] Voir *supra* la section 3.5.4.2 : « D'importants projets de recherche militaire »

3.6.2.1.1 Un « dispositif d'intéressement » de l'ARPA insuffisant : la motivation salariale

L'histoire de ce projet de *Command and Control* confié à l'ARPA paraît plus compliquée que ce qu'en présentent les historiens d'ARPANET.

En effet, contrairement à ce qu'en a retenu l'histoire d'ARPANET, la première personne contactée pour mener à bien cette recherche n'est pas Licklider mais Charles Zraket, l'un des organisateurs du système *SAGE* et responsable à la *MITRE Corporation*.

Zraket révèle ainsi[13] qu'il a été sollicité en premier pour ce projet. Détail surprenant, il n'aurait pas été contacté par l'ARPA, mais directement par Harold Brown, le « grand patron » de la recherche au Pentagone et son assistant, Gene Fubini[14]. Ce haut responsable du complexe « militaro-scientifique », dont nous avons déjà rencontré le nom[15], paraît être en effet le candidat idéal pour le Pentagone : ayant travaillé à la conception du système *SAGE*, puis participé à la création de la *MITRE*, il connaît parfaitement les problèmes liés au *Command and Control* et, de manière plus générale, est rompu à tous les dossiers portant sur l'utilisation militaire des techniques informatiques. Mais Zraket, qui occupe à ce moment-là un poste important à la *MITRE Corporation*, considère que la proposition de Fubini et Brown n'est pas très intéressante au plan salarial[16] et refusera l'offre du Pentagone.

Cet aspect financier n'est pas aussi anecdotique qu'on pourrait le croire. L'argent, intermédiaire essentiel des processus d'innovation technique, n'entre pas seulement en ligne de compte sous la forme des crédits accordés aux projets de recherche ; il peut constituer aussi, au sens le plus trivial du terme, un « dispositif d'intéressement » plus ou moins décisif pour le recrutement des acteurs d'un réseau[17]. A l'inverse, la médiocrité de l'attrait financier souligne un trait du profil des futurs responsables de l'ARPA/IPTO : ce seront généralement des chercheurs « militants », désirant utiliser la puissance de l'ARPA pour faire avancer leur cause, en l'occurrence celle de l'informatique interactive. Le cas est particulièrement net pour Licklider.

---

[13] A la surprise d'ailleurs de son interviewer, Arthur Norberg.

[14] C. ZRAKET, *Interview by Arthur L. Norberg. 3 May 1990. Bedford, MA., art. cit.*, p. 4.
Zraket ne donne aucune indication de date, mais il est probable que cette proposition ait été faite dès 1961, sans doute avant que le projet de *Command and Control* ne soit confié à l'ARPA.

[15] Voir la section 3.2.4.3 : « Le système SAGE : matrice de l'informatique des années 60 »

[16] Le salaire proposé serait de 18 000 ou 19 000 dollars, ce qui « *n'est pas une grosse somme à cette époque* », selon Zraket qui confie qu'il a alors « *other fish to fry* ». C. ZRAKET, *Interview by Arthur L. Norberg. 3 May 1990. Bedford, MA., art. cit.*, p. 4.

[17] En l'occurrence, ce détail du refus de Zraket est éclairant, car nous retrouverons cette donnée financière : en effet, les postes de responsabilité à l'ARPA et à l'IPTO paraissent plutôt mal rémunérés, au regard des critères de l'époque, ce qui expliquera en partie les difficultés récurrentes des dirigeants de l'ARPA à trouver des candidats.

3.6.2.2 L'indécision de Licklider ou la part de hasard dans les processus d'innovation

Au printemps ou à l'été 1962, Jack Ruina cherche donc quelqu'un pour coordonner les deux projets, réunis pour d'obscures raisons. Fred Frick, qui a connu Licklider à Harvard et qui travaille alors au Lincoln Lab en relation avec l'ARPA, informe son ancien collègue de cette opportunité ; tous deux intéressés par les projets de l'ARPA mais ne souhaitant pas abandonner leurs présentes activités, ils décident de rencontrer ensemble Jack Ruina à Wahington pour en savoir davantage. Lors de cette rencontre, Ruina envoie les deux hommes vers Gene Fubini, Assistant Principal de Harold Brown à l'*Assistant Secretary of Defense*, pour convaincre les deux chercheurs de l'importance du projet de *Command and Control*. Si Licklider est rapidement persuadé de l'intérêt du projet de l'ARPA, il se montre lui-même très éloquent au point de convaincre ses interlocuteurs que les « *problèmes de « command and control » étaient essentiellement des problèmes d'interaction homme-machine* »[18]. Cette conversation avec ce responsable du Pentagone fait une forte impression sur les deux hommes, convaincus alors que l'un d'entre eux doit accepter l'offre de l'ARPA : mais ne pouvant décider lequel des deux devra abandonner ses activités, Frick et Licklider jouent leur décision à pile ou face. Licklider, ayant « gagné », accepte l'offre de l'ARPA[19]. Et le 1er octobre 1962, il prend ses fonctions au sein de l'agence.

S'il ne faut pas tomber dans le piège des « petites histoires » de l'innovation consistant à remettre le sort des inventions dans le bon vouloir des inventeurs, cette anecdote du « pile ou face » de Licklider pour sa venue à l'ARPA nous apporte néanmoins une illustration supplémentaire de l'importance des acteurs humains, des individus et de la part d'incertitude, voire de fantaisie, pouvant intervenir au coeur des processus apparemment les mieux programmés. L'imprévisibilité des acteurs est l'une des données fondamentales des processus d'innovation et qu'elle prenne la forme d'un « pile ou face » reste secondaire. Ce qui se révèle également à travers cette anecdote racontée par Licklider, c'est la faible attractivité de l'ARPA : l'agence ne représente pas encore un réseau suffisamment établi et reconnu pour attirer à lui les chercheurs[20].

---

[18] Au cours de cette discussion, il arrive même à convaincre Fubini qu'un système de *command and control* basé sur le *batch processing* est « *ridicule* » « *Qui peut diriger une bataille quand il lui faut écrire le programme au milieu du combat* ? » (J. LICKLIDER, *Interview by William Aspray and Arthur Norberg. 28 October 1988, art. cit.*, p. 15)

[19] Relevons que c'est la deuxième fois dans sa vie professionnelle, après l'alternative entre le départ pour le Lincoln Lab ou le maintien au MIT en 1952 (voir le point 3.3.4.2.2 : « Licklider : déjà au coeur de la recherche ») que Licklider confie au sort l'orientation de sa carrière.

[20] A la fois intéressé et sceptique sur ce travail à l'ARPA, Licklider donne un autre signe d'hésitation en prenant au début un simple congé chez BBN, persuadé que sa nouvelle mission sera très brève. Assez rapidement cependant, il décidera de ne pas retourner dans l'entreprise, qu'il quittera alors définitivement à l'automne 62.

3.6.2.3 Imprécision des missions, ambiguïté des attentes de l'ARPA

L'histoire des conditions du recrutement de Licklider à l'ARPA est riche d'enseignements sur le fonctionnement réel des agences de gestion de la recherche et sur la complexité des « micro-processus » de traduction. L'hésitation et l'incertitude ne caractérisent pas seulement la décision du principal acteur concerné : il règne un certain flou sur les missions officielles qui lui sont proposées.

Ruina a des souvenirs assez vagues de l'arrivée de Licklider[21]. Mais les défaillances de mémoire du directeur de l'ARPA s'expliquent peut-être par l'imprécision même qui a entouré la mission officielle confiée à Licklider, imprécision perceptible à travers les contradictions des témoignages des acteurs. En effet, la mission pour laquelle il est recruté à l'ARPA ne paraît pas bien établie : projet sur les sciences du comportement, sur le *Command and Control* ou les deux à la fois ? [22]

Autre ambiguïté concernant le groupe « *Behavorial Science* » : Licklider est recruté pour mener un programme de recherche, auquel ni lui ni le directeur de l'ARPA ne semblent beaucoup croire[23].

3.6.2.3.1 Le malentendu initial et fondateur de l'IPTO

Un autre malentendu beaucoup plus significatif caractérise l'arrivée de Licklider à l'ARPA : le type d'informatique à développer.

---

[21] Ainsi le directeur de l'ARPA ne se rappelle plus comment le nom de Licklider est venu, ni quelle mission précise lui a été confiée ! Amnésie intéressante, constituant un nouvel exemple de la place assez réduite en 1962 des programmes de recherche informatique au sein de l'ARPA. Ruina le dit à plusieurs reprises : l'informatique n'était qu'un « petit » programme et le recrutement de Licklider, dans ces conditions, ne devait pas lui sembler d'une importance stratégique.

[22] Selon la version de Ruina, les deux projets de recherche étaient liés et auraient été confiés simultanément à Licklider, bien que, selon le directeur de l'ARPA, « *cela semblait curieux que la même personne puisse diriger les deux programmes* ». (J. RUINA, *Interview by William Aspray. 20 April 1989, art.cit.*, p. 3). Si l'on en croit le témoignage du principal intéressé, il aurait été recruté d'abord pour diriger le groupe « *Behavorial Science* » et l'ARPA ne lui aurait jamais confié la direction du programme de « *Control and Command* ». Enfin, pour la plupart des autres témoignages, Licklider a été embauché pour mener à bien les recherches sur le *Command and Control*. L'origine de cette confusion sur les missions initiales de Licklider se situe peut-être dans le fait qu'il devait avoir également en charge le contrat avec SDC, comprenant une partie du projet sur le *Command and Control*.

[23] Jack Ruina manifeste ainsi une grande méfiance sur l'intérêt et les apports possibles d'un tel programme de recherche. Au cours d'une discussion avec Licklider (au moment des premiers contacts pour son recrutement), Ruina pose une question très critique sur les potentialités de ces sciences et les retombées à attendre d'un financement public de la recherche. Et Licklider est d'accord sur ce constat : il est incapable de prouver que « *quelque chose de très intéressant* » puisse être produit dans ce programme de recherche.

Une fois les ambiguïtés initiales levées, la mission principale de Licklider pour les responsables de l'ARPA semble être celle du *Command and Control*, pour laquelle la solution technique envisagee est fondée sur les systèmes de traitement par lots. L'on sait ce que pense alors Licklider de ce type de système d'exploitation. Pour lui, il est hors de question de développer des recherches sur le *Command and Control*, tant que les ordinateurs fonctionnent en *batch processing*. D'où cette sorte de quiproquo sur l'arrivée à l'ARPA de Licklider : il est recruté pour encourager des recherches informatiques selon un modèle qu'il récuse totalement.
Dès ses premiers contacts avec Ruina, Licklider développe, non seulement ses préférences pour encourager des recherches en informatique (plutôt qu'en sciences du comportement), mais il évoque les nombreuses initiatives à prendre pour montrer les possibilités offertes par le développement de la puissance des ordinateurs. Son argumentation générale est celle d'une informatique distribuée au lieu d'une informatique individuelle[24]. Licklider parle ainsi à Ruina d'une idée, qui est dans l'air chez les gens du MIT, « *les seuls à avoir commencé à penser selon cette direction* ». Dans son témoignage, Ruina fait référence à l'analogie qui commence à se développer entre un service public d'informatique et les services de chauffage collectif et d'électricité : l'idée consiste à développer une sorte de service public informatique, analogue au service d'électricité et offrant des accès multiples à de grands ordinateurs. On est encore très loin, en ce début des années 60, de la possibilité technique et du projet social du micro-ordinateur personnel et la vision développée par Licklider devant Ruina constitue une sorte de prémonition de la télématique.

Si Licklider bénéficie de la confiance du Directeur de l'ARPA et du soutien explicite de Charles Herzfeld, il doit en revanche affronter le scepticisme, voire la méfiance des dirigeants du Pentagone et, probablement, d'autres responsables de l'ARPA. Mais il semble bien qu'il a su habilement jouer des imprécisions et ambiguïtés de toutes sortes pour faire avancer sa propre « problématisation ». Selon le témoignage de Corbato, Licklider est arrivé à l'ARPA avec un état d'esprit de missionnaire (« *as a « Johnny Appleseed » with a mission* »), ce qui dépasse alors les attentes des dirigeants de l'ARPA, qui doivent accepter tant bien que mal cet impétueux responsable ; et, toujours selon Corbato, c'est Licklider qui prend les commandes et impose ses vues aux dirigeants.

---

[24] *« Au lieu que chacun possède son propre ordinateur, ce qui sera la voie réelle prise par la technologie, il disait qu'il était beaucoup plus efficace d'avoir de grandes et puissantes machines, auxquelles chaque individu aurait accès, vraiment comme dans un service public* ». J. RUINA, *Interview by William Aspray. 20 April 1989. Cambridge, Massachusetts, art.cit.*, p. 3

Licklider explique lui-même les conditions de son arrivée à l'ARPA, en insistant sur le malentendu initial qu'il lèvera immédiatement : alors que les dirigeants de l'ARPA font appel à lui pour travailler sur le « *Command and Control* », il est clair pour lui qu'il ne vient à l'ARPA que pour développer « l'informatique interactive »[25].

En résumé, Licklider ne quitte BBN pour l'ARPA qu'à l'issue d'une négociation où, après avoir levé les ambiguïtés initiales de sa mission, il obtient l'autorisation de pouvoir développer sa propre vision d'une informatique interactive et du *time-sharing*, qui ne coïncide pas exactement avec celle des dirigeants et des « contractants » [26]de l'ARPA.

3.6.2.4 La traduction réussie de Licklider

Après avoir rendu compte de l'incertitude qui entoure le recrutement de Licklider, il est maintenant possible de mieux comprendre le succès de la « traduction », que représente, du point de vue de l'émergence d'ARPANET, l'opération entreprise par le défenseur du *time-sharing*.
Rappelons que traduire, selon le répertoire défini par Callon, signifie également déplacer, détourner.
Ainsi Licklider, qui a été « détourné » de son parcours initial chez BBN pour suivre les objectifs de l'ARPA, réussit à son tour à « détourner » celle-ci en imposant ses propres vues et ses conditions. En arrivant à l'ARPA, il donne en effet une autre orientation, conforme à ses conceptions novatrices sur le *time-sharing*, aux recherches menées jusqu'alors. Et pour bien imprimer ce changement de cap, il crée aussitôt après son arrivée une nouvelle division au sein de l'agence : **l'IPTO** (*Information Processing Techniques Office*), qui prend la suite de l'ancienne division, la *Command and Control Research*. Il devient ainsi le premier dirigeant des recherches informatiques à l'ARPA, où il entend développer l'informatique interactive et le partage des ressources.

Exemple particulièrement représentatif, à nos yeux, d'une « problématisation » réussie selon la grille de lecture de la sociologie de la traduction. La définition d'un problème ou d'un projet implique une délimitation de territoire, l'établissement de frontières, l'affirmation d'une nouvelle réalité à partir du problème posé. Le plaidoyer engagé par Licklider dès 1960 pour la

---

[25] Mais Licklider précise qu'il avait promis (assez habilement) de réaliser le « substrat » technique rendant possible ce « *truc* » (selon son expression pour désigner le *Command and Control*), auquel il ne croyait pas.

[26] Les « ARPA's Contractors » sont les entreprises ou les chercheurs en contrat de recherche avec l'ARPA. Nous verrons plus loin le rôle-clé de ce réseau des « contractants de l'ARPA ».

constitution de l'informatique en discipline autonome, ne participe-t-il pas de ce « marquage du territoire » propre à toute problématisation ? Ensuite, la problématisation consiste pour un acteur à se rendre indispensable, à devenir un « PPO » (point de passage obligé) pour les autres acteurs, les obligeant à « faire un détour » pour atteindre leurs objectifs. Nous avons vu comment Licklider est devenu à la fin des années 50 un personnage incontournable de la recherche informatique, inséré dans un dense tissu relationnel, à l'interface des trois secteurs-clés de l'université (MIT), de l'entreprise (BBN) et du Ministère de la Défense (ARPA).

Mais pour se transformer en « point de passage obligé », il ne suffit pas d'avoir un carnet d'adresses bien fourni. Il faut s'interposer sur le parcours des autres, se rendre indispensable pour la réalisation de leurs objectifs, constituer un détour dans leur démarche et aussi re-traduire dans ses propres termes le projet des autres.

C'est ce qui ressort nettement lors du « recrutement » de Licklider par l'ARPA. Il fera subir à l'objectif initial (développer l'utilisation de l'ordinateur pour le *Command and Control*) motivant son recrutement une très nette inflexion, en intégrant, en « traduisant » cet objectif dans son propre projet, *i.e.* le développement des recherches pour une informatique interactive.

A l'inverse, que peut faire Licklider sans les moyens matériels, financiers, l'infrastructure déjà existante des réseaux de l'ARPA ? Qui est « l'acteur stratégique » dans cette affaire ? A qui attribuer le mérite ou l'origine de ce qui va suivre et qui conduira à ARPANET ?

Vaine question sans doute, que l'on évacuera au profit d'une vision « interactionniste » où les deux entités, Licklider et l 'ARPA, vont se trouver intimement liées, imbriquées, dans des relations d'interdépendance. Mais il convient de rendre aux acteurs humains la capacité et l'intelligence de « cristalliser », à un certain moment et dans des conditions données, un ensemble plus vaste de forces et d'acteurs.

3.6.3 La création de l'IPTO et la première recherche « d'alliés »

Ne nous méprenons pas sur les signes du succès de la traduction de Licklider : lorsqu'il prend ses fonctions à l'ARPA, tout reste à faire et il dispose de moyens à la fois importants et limités :

- des moyens financiers non négligeables : en matière de crédits, Licklider dispose d'un budget de 14 millions de dollars, qu'il peut affecter comme il voulait. Un seul contrat est en cours à ce moment : celui avec SDC, d'un montant de 9 millions de dollars. Il lui reste donc 5 millions de

dollars non affectés. Au total, l'IPTO bénéficie d'un budget assez important par rapport aux moyens de l'époque[27].

- en revanche, des « moyens humains » limités : une seule secrétaire est mise à sa disposition.

Que fait un manager de la recherche scientifique, qui a beaucoup d'idées à réaliser, de l'argent, peu de personnel mais un précieux carnet d'adresses ? Il recherche des « alliés », renforce ses dispositifs d'intéressement, se rend incontournable et détourne les autres vers ses propres objectifs.

3.6.3.1 Le renforcement interne du dispositif

L'une des premières démarches de Licklider est la recherche d'un associé parmi les militaires du Pentagone. S'il a déjà des contacts avec beaucoup de gens du Pentagone, il lui faut cependant recruter quelqu'un de « crédible » aux yeux de l'armée, pour qui il reste avant tout un scientifique brillant mais « hors du réseau » du Pentagone. Licklider va ainsi rechercher quelqu'un qui soit de préférence un héros de la dernière guerre et possédant de plus des connaissances scientifiques et informatiques. Et il trouve dès 1963 un précieux associé en la personne de Buck Cleven, astronome de métier et ancien évadé de guerre.

Au sein de la minuscule équipe de l'IPTO, composée désormais de Licklider, sa secrétaire et son associé Buck Cleven, ce dernier va vite remplir un rôle essentiel de double interface :

- d'une part avec les chercheurs, puisque c'est Cleven qui est chargé des négociations avec les contractants. Nouant de nombreux contacts sur le terrain avec les chercheurs, Cleven aura pour tâche d'examiner les nombreuses demandes de subventions et d'y répondre ;
- d'autre part et prioritairement avec le Département de la Défense : en tant que militaire, Buck Cleven a une bonne connaissance du protocole, des procédures et des usages en vigueur. Il sera mieux à même de « neutraliser » les nombreux sceptiques ou adversaires du Pentagone que Licklider ne manquera pas de trouver devant lui.

La deuxième principale action de Licklider, dès l'automne 62, sera l'intéressement et le recrutement d'alliés « extérieurs », dans les cercles les plus divers : milieux militaires, politiques, scientifiques. Nous verrons plus loin que l'essentiel de son activité à la tête de

[27] Licklider doit affronter, dès le premier jour de son arrivée à l'ARPA, des fonctionnaires du Bureau du Budget du Pentagone, venus discuter du financement de ses projets. Rencontre très fructueuse, au cours de laquelle il arrive à convaincre les administrateurs de l'intérêt de ses visions de l'ordinateur ; ceux-ci, non seulement ne lui retirent aucun moyen financier, mais accepteront ensuite ses demandes.

l'IPTO, entre 1962 et 64, peut être caractérisée comme étant celle de la construction méthodique, intelligente et efficace d'un réseau socio-technique solide, celui de l'informatique interactive.

3.6.4 Quelles leçons ?

En bref, quelles leçons dégager de cette histoire quelque peu embrouillée des conditions de recrutement de Licklider à l'ARPA ?

Au plan théorique, on peut y voir une confirmation de ce postulat fondateur de la nouvelle anthropologie des sciences et des techniques : les processus d'innovation comme les activités scientifiques sont des activités sociales, le produit d'innombrables interactions, au cours desquelles les acteurs ne cessent de négocier et de définir projets, contenus, objets, identités.

Lorsque Licklider arrive à l'ARPA, rien n'est « joué » ni assuré pour le devenir de l'informatique interactive : les acteurs sont loin d'être d'accord sur ce qu'il doit faire (de la recherche en sciences du comportement ou en informatique ?), sur la manière dont il doit le faire (développer l'informatique interactive ou poursuivre sur la voie dominante ?) et sur les partenaires avec qui il doit le faire (les entreprises comme SDC ou les universités ?). Nous verrons comment Licklider va profiter de cette situation d'incertitude, d'imprécision, pour avancer ses propres conceptions sur la recherche. Rien n'est défini avec certitude et tout doit être constamment négocié entre les acteurs. L'innovation scientifique et technique est bien une construction sociale, collective et le suivi des acteurs, de leurs projets, de leurs trajectoires et de leurs interactions permet, même partiellement, de reconstituer toute son incertitude.

Deuxième leçon méthodologique : l'observation de type « ethno-méthodologique », à quarante ans de distance, est bien sûr illusoire et l'on est contraint de se fonder, avec toute la circonspection nécessaire, sur le témoignage tardif des acteurs. En dépit des zones d'ombre, ils permettent cependant de restituer, même partiellement, cette « zone grise » des micro-processus de traduction. Par ailleurs, nous ne pouvons suivre à la loupe toutes les traductions menant à ARPANET. Si nous sommes descendus ici à une échelle d'observation assez précise des conditions de l'arrivée de Licklider à l'ARPA, c'est avant tout en raison d'un choix historique « rétrospectif », opéré en fonction de l'importance que nous accordons à ce micro-événement pour la suite de l'histoire. Il nous faudra montrer, par la même démarche d'observation empirique des interactions et traductions de toutes sortes, que ce choix était justifié. Autrement

dit, qu'il y a bien un « avant » et un « après » Licklider, au plan de la recherche informatique américaine.

4. STRUCTURATION DES RESEAUX DE L'INFORMATIQUE, EMERGENCE DE L'INFORMATIQUE EN RESEAU : 1962-1967

La nouvelle période ouverte en 1962 par la création de l'IPTO peut être caractérisée par deux grandes tendances fortement liées :

- la constitution, la structuration et le renforcement des réseaux socio-techniques de l'informatique interactive, autour du pivot que va représenter l'ARPA/IPTO ;
- l'apparition des principes techniques, des théorisations, des expérimentations et des premiers projets de la mise en réseau d'ordinateurs.

Autrement dit, les réseaux humains et les réseaux techniques de la nouvelle informatique émergent et se développent simultanément et la montée de la « mise en réseau » (dans tous les sens du terme) de l'informatique américaine doit être appréhendée dans ses deux dimensions : sociale et technique. Précédant immédiatement la naissance d'ARPANET (dont le projet apparaît dès 1966-67), cette période voit la mise en place de tous les composants (organisationnels, humains, techniques, idéologiques, sociaux) du futur réseau et leur association progressive. Pour rendre compte de cette imbrication des différentes filières d'ARPANET, dont nous avons retracé longuement l'émergence, nous avons choisi de mettre l'accent sur quatre de ces « entités » qui, bien que de nature et d'identité fort différentes, ont joué pendant cette période un rôle-clé :

- **un acteur humain** avec lequel nous n'avons pas fini, car il va se révéler le « père fondateur » de tout ce processus : **Licklider** ;
- **un projet informatique** très important : le ***Project MAC,*** préfiguration locale du réseau national ARPANET ;
- **un acteur organisationnel,** au sein duquel agissent d'autres acteurs humains essentiels, indissolublement lié aux deux entités précédentes : **l'ARPA/IPTO**, qui va rapidement dominer la scène de la recherche informatique académique ;
- enfin **un ensemble de forces et d'entités** plus difficiles à délimiter, que l'on a regroupées sous l'appellation générique de la **thématique des réseaux** : nous visons par là les principes techniques, les expérimentations et les projets de réseaux informatiques.

4.1 Le rôle stratégique de Licklider : 1962 - 1964

Rendre compte, dans l'observation des processus d'innovation, du jeu des acteurs et de leur action permet de réhabiliter pleinement le rôle décisif des individus, des groupes et des acteurs humains dans des processus par ailleurs hétérogènes et complexes.

Contre les conceptions déterministes de la science, où les inventeurs s'effacent derrière les « logiques internes » des techniques, les approches interactionnistes ou constructivistes de l'innovation restituent l'importance et la spécificité de chaque acteur. Particulièrement attachés à cette vision des processus d'innovation rendant toute leur responsabilité, individuelle et collective, aux acteurs, nous avons jusqu'à présent essayé de montrer, à travers cette description des diverses micro ou macro-opérations de traduction, le rôle des différents protagonistes de l'émergence de l'informatique interactive.

Un autre écueil nous guette cependant : celui de retomber dans les visions des modèles les plus classiques de l'innovation, dans lesquels le succès des inventions tient avant tout au talent ou au génie des inventeurs. Et une lecture rapide de la partie qui va suivre pourrait laisser croire que nous sommes effectivement tombés dans le « piège de l'acteur ». Il nous faut donc revenir sur cette notion essentielle de l'acteur dans les processus d'innovation.

4.1.1 Licklider : « acteur stratège » ou « acteur stratégique » ?

L'évocation de l'action de Licklider à la tête de l'IPTO entre 1962 et 1964 et sa qualification « d'acteur stratégique » peuvent en effet laisser croire que le processus décrit ici dépend avant tout du génie de « l'homme providentiel ».

La sociologie de la traduction permet, selon nous, de tenir fermement la barre entre les deux écueils traditionnels de la sociologie des innovations : l'écueil du déterminisme technique et le mythe quelque peu éculé mais toujours prégnant de l'inventeur génial, « relooké » par une interprétation abusive de la notion « d'acteur stratège » chez Latour. Qu'est-ce à dire ?

On sait que la conception de l'acteur, chez Latour et Callon, a parfois été interprétée[1] comme une nouvelle version à peine enrichie du modèle de « l'acteur-stratège », modèle sociologique des acteurs sociaux considérés comme des êtres totalement rationnels et surtout manipulateurs, dont les actions, toujours déterminées par des intérêts plus ou moins explicites, consistent à

[1] Voir notamment L. QUERE, Les Boîtes noires de B. Latour ou le lien social dans la machine, *Réseaux*, juin 1989, n° 36, *art. cit.*

tenter de « tirer les ficelles » des autres acteurs, à tisser des réseaux, imposer des rapports de force favorables, etc.. En bref, le modèle implicite de l'acteur chez Latour serait celui du marionnettiste manipulant les autres, réduits à l'état de marionnettes.

Nous avons essayé de montrer dans la première partie que cette vision « machiavélique » de l'acteur, telle qu'elle serait développée par Latour et Callon, procède, selon nous, d'une lecture réductrice. Pour Latour et Callon, un acteur est :

> *« n'importe quel élément qui cherche à courber l'espace autour de lui, à rendre d'autres éléments dépendants de lui, à traduire les volontés dans le langage de la science propre. Un acteur dénivelle autour de lui l'ensemble des éléments et des concepts que l'on utilise d'habitude pour décrire le monde social ou naturel. »* [2]

Plutôt que de parler d'acteur « stratège », ce qui sous-entend une définition *a priori* et quasi-essentialiste des acteurs de l'innovation (il y aurait les « stratèges » et les autres), Latour et Callon parlent d'acteur « stratégique », ce qui n'est pas la même chose. Pour notre part et pour nous démarquer de toute conception platement « machiavélique » ou manipulatrice de l'innovation, nous utiliserons donc cette notion d'acteur ou mieux, de rôle, de « position » stratégique. L'accent est mis ici sur la position d'un acteur dans un dispositif ou un réseau plus vaste, sur l'importance que va prendre dans un contexte donné l'action de tel acteur, devenant « stratégique » par la combinaison de cette action et de ce contexte. La qualification de ce qui est « stratégique » et de ce qui ne l'est pas reste en revanche tout à fait classique : est qualifié d'acteur ou d'action stratégique, tout acteur ou action qui transforme en profondeur le monde autour de lui, qui réussit à donner de nouvelles orientations à la recherche et à redéfinir une nouvelle « réalité » autour, sinon à partir, de lui, de ses idées ou de son réseau.

A cette aune, l'action que va mener Joseph Licklider de 1962 à 1964 est incontestablement « stratégique » et même de première grandeur, compte tenu de l'extension de son champ d'action.

Il est possible de décomposer son action en trois volets indissociables mais d'importance peut-être inégale :

- une activité théorique ou discursive : il s'agit ici de toutes les activités, écrites et orales, de Licklider pour défendre et diffuser le modèle de l'informatique interactive, particulièrement la notion de communauté en ligne fondée sur le *time-sharing*. Cette dimension du « Licklider visionnaire de l'ordinateur », déjà bien établie avant son arrivée à l'ARPA, va se renforcer et se concrétiser lors de ces deux années passées.

---

[2] Cité dans P. FLICHY, *L'Innovation technique, op. cit.*, p. 100

- une activité managériale : nous avons vu que Licklider est loin d'être un pur théoricien ; il est également ingénieur, conseiller scientifique, innovateur de projets techniques. Lors de son passage à l'ARPA, il va enrichir son parcours d'une nouvelle expérience : celle de manager de la recherche informatique. Ce deuxième volet de son activité, au coeur de sa nouvelle mission, va consister à initier, financer et manager des projets de recherche en informatique.
- le troisième volet, totalement indissociable du précédent, est de nature plus sociale : il concerne le travail de réseau que réalise Licklider durant ces deux années. Selon nous, c'est l'un des aspects les plus essentiels de son action.

Théoricien, praticien et homme de(s) réseau(x), Licklider va donc déployer à l'ARPA une activité multiforme, qui jettera une bonne partie des bases théoriques, sociales, organisationnelles, managériales, voire techniques, du futur ARPANET. Bien entendu, il ne sera pas seul dans cette tâche.

Nous commencerons par rappeler les idées et les conceptions de l'informatique, que va défendre incessamment Licklider. La présentation de son action à l'IPTO ne sera donc pas strictement chronologique, les trois volets de cette action répondant à des déroulements pas toujours « synchrones ».

4.1.2 Le missionnaire de l'informatique interactive, le visionnaire des « communautés en ligne »

Quels sont les principales idées de Licklider sur l'informatique ? On peut résumer sa pensée en quatre « mouvements » :

- le rejet du modèle dominant : rejet sans appel des systèmes alors en vigueur fondés sur le traitement par lots[3], profonde méfiance pour les recherches en cours sur le *Command and Control* ;
- l'intuition d'une autre informatique possible : celle de l'informatique interactive et du *time-sharing*, défendue avec une ardeur quasi militante, notamment l'idée des « communautés en ligne » ;
- la vision prémonitoire, les intuitions médiologiques fortes sur la « société des réseaux », les « bibliothèques virtuelles », le rôle de l'ordinateur, etc. ;

[3] La critique des systèmes fondés sur le *batch processing* est à la base de toutes les intuitions et actions de Licklider ; il témoigne ainsi, dans son interview, du caractère extrêmement frustrant des ordinateurs des années 50 ; comme d'autres chercheurs, Licklider est « *terriblement frustré par les limites du matériel* », notamment dans les temps de réponse.

- la croyance et le discours utopique sur le monde des réseaux : la conception globale, communicationnelle de l'ordinateur, débouchant insensiblement sur un discours « utopiste » sur la communication et les réseaux, fortement inspiré par la cybernétique.

4.1.2.1 Le « croyant » de l'informatique interactive

Sans revenir sur la critique que fait Licklider du modèle dominant de l'informatique (informatique lourde et vouée exclusivement au calcul), ni sur ses conceptions des interactions hommes-machines, il paraît important d'insister sur le caractère alors minoritaire de ses idées.

Norberg, l'interviewer du CBI, rappelle que la communauté des chercheurs du MIT et de Boston, dans laquelle Licklider est totalement immergé, défend à cette époque une conception très différente de celle des autres chercheurs universitaires et de celle des gens de l'industrie, conception dominée par le pressentiment d'un nouveau type d'informatique. Nous en avons donné de nombreux exemples avec l'évocation du *time-sharing* au MIT. Et Norberg (se) pose d'ailleurs une question importante et restée sans réponse (à notre connaissance du moins) : pourquoi les autres chercheurs des autres universités ou entreprises n'ont pas alors une vision semblable de l'informatique ? Licklider rappelle cependant que la vision de l'époque, y compris la sienne, n'est pas aussi claire et qu'il y a beaucoup d'incertitude en ce début des années 60.
Mais il fait plus que partager les pressentiments, les souhaits ou les intuitions de ses collègues de Boston et Cambridge : il se définit lui-même comme « un vrai croyant » de l'informatique interactive (« *I was just a true believer* », dit-il). Et c'est ce modèle d'ordinateur, dont les prémisses théoriques ont été définies en grande partie dans *Man-Computer Symbiosis,* qui est à la base de sa venue à l'ARPA et de toute son action ultérieure.

4.1.2.2 Le « réseau intergalactique » : les ingrédients du discours des « communautés en ligne »

Le texte résumant le mieux les idées et les projets de Licklider à cette époque, est probablement son mémorandum d'avril 1963, *« Members and Affiliates of the Intergalactic Computer Network »,* adressé aux membres du petit réseau de chercheurs qu'il a commencé à mettre en place à l'ARPA[4]. Il évoque l'idée d'un réseau d'ordinateurs interconnectés permettant le partage

[4] Dans cette longue note, il fait part aux chercheurs « *de sa déception à propos de la dispersion excessive des thèmes de recherche : langages de programmation, logiciels de déboguage, langages de commande des systèmes en temps partagé... les projets se multipliaient, proliféraient. Comment parvenir à les normaliser ?* » D'après K. HAFNER, *op. cit.,* p. 48

des ressources, l'aide possible apportée aux chercheurs pour partager l'information et développe la vision à long terme d'un avenir où des communautés de gens, ayant des intérêts communs, pourront communiquer en ligne. Ce memorandum s'appuie directement sur le *Project MAC*, alors en émergence.

Si la formulation du projet de Licklider peut prêter à sourire - l'« *intergalactic network* » désigne ironiquement un service de *time-sharing* devant servir la galaxie entière » - l'idée développée dans ce curieux concept deviendra, quelques années plus tard, celle d'un vaste réseau global accessible à tous, sorte de vision prémonitoire d'Internet. La notion de « communauté en ligne » y apparaît comme l'un des thèmes principaux et l'expression de « réseau intergalactique » vise en fait la communauté potentielle qui doit émerger de l'interconnexion des communautés locales d'utilisateurs du réseau, nées du *time-sharing*. Ce service doit permettre à des systèmes de *time-sharing* géographiquement séparés, de partager les données, les programmes, les recherches, les idées.

Le discours sur les communautés en ligne n'est pas propre à Licklider ; d'autres chercheurs, comme Robert Fano, Corbato ou Engelbart s'en font également les champions. Mais les idées de Licklider sur l' « *Intergalactic Network* » vont fortement influencer ses successeurs de l'IPTO, notamment Larry Roberts et Robert Taylor et les inciteront à construire ARPANET.

4.1.2.3 La vision prophétique

La création de « communautés en ligne », à partir de puissants ordinateurs fonctionnant en *time-sharing*, est l'une des idées pour laquelle Licklider va dépenser une grande énergie et consacrer beaucoup de moyens à l'IPTO.

Mais ses intuitions sur d'autres usages possibles de l'ordinateur par les chercheurs s'inscrivent dans une réflexion plus vaste, portant sur le long terme. Ainsi est-il convaincu dès 1963 que l'ordinateur interactif « *allait révolutionner la façon de penser des gens, la façon dont les choses se font...* » et il prévoit une multiplication par quatre ou par dix de la productivité grâce aux ordinateurs[5].

---

[5] Il ne cessera de développer après son passage à l'IPTO ses idées prophétiques sur la communication par ordinateur, notamment à travers deux textes importants : *Libraries of the Future*, publié en 1965 et dont nous avons déjà parlé, et un article co-écrit avec Robert Taylor, « *The Computer as communication device* », publié en 1968. Nous présenterons plus loin ce texte prophétique, véritable « saut » conceptuel dans la pensée de Licklider (voir Chapitre 5.2.7 : « La communication par ordinateurs... »)

A la différence de la plupart des chercheurs d'alors, le plus souvent polarisés sur des applications précises et limitées à leur domaine, Licklider est l'une des rares personnes de cette époque à développer une conception globale de l'informatique, débordant le seul cadre fermé de la recherche pour l'étendre à toute la société. Cet « élargissement » conceptuel très net dans la pensée de Licklider, analogue à celui de Wiener avec la cybernétique passée du statut de théorie scientifique à celui de modèle social, est déjà perceptible en 1962-63 et s'amplifiera à partir de 1968. En bref, Licklider est l'un de ceux qui aura le plus contribué à la longue élaboration du corpus d'idées, mais aussi de « l'imaginaire technique » dans lequel puiseront les pionniers des réseaux informatiques.

4.1.3 Un fédérateur de projets

Incontestablement, le nouveau responsable de l'IPTO est « habité » par une vision à long terme de l'ordinateur et c'est l'aspect du personnage qui sera généralement retenu : celui de « l'inspirateur », du prophète des réseaux. Pourtant, l'on aurait tort de ne voir en Licklider qu'un énième représentant de la longue liste des « utopistes de la technique »[6]. Et l'on ne saurait expliquer son rôle extraordinairement décisif dans la mise en place des fondements socio-techniques d'ARPANET, si l'on s'en tenait à cette dimension quelque peu « classique » du théoricien. Il y a loin des discours aux objets techniques et si les innovations étaient le seul produit des rêves et des idéologies des chercheurs, le monde des technosciences serait d'une grande simplicité.

On retombe ici sur cette notion cruciale de « traduction », qui permet de rendre compte de ce processus compliqué, long, hétérogène et conflictuel, au terme duquel va se réaliser un rêve ou un projet d'ingénieur. Il faut, dans ce type de processus, d'autres qualités que celles de l'inspiration visionnaire et de la réflexion sur les techniques, des qualités managériales, organisationnelles, sociales, des talents « politiques », des compétences techniques et scientifiques, un charisme personnel.

Le véritable talent de Licklider, voire son « génie », tient sans doute à la réunion dans le même personnage de l'ensemble de ces qualités souvent dispersées entre plusieurs individus. Mais si le premier directeur de l'IPTO va réussir en deux ans à poser les fondations des futurs réseaux, techniques et sociaux, il ne le doit pas seulement à des qualités personnelles indéniables : c'est

[6] La veine utopique est d'ailleurs plutôt réduite dans son discours.

aussi parce qu'il est porteur d'une conception originale, nouvelle et très fine des modalités de gestion de la recherche.

4.1.3.1 Des conceptions novatrices en matière de gestion de la recherche

Afin de mieux comprendre son action à la tête de l'IPTO, il est donc important de présenter la manière dont Licklider conçoit son rôle et, plus généralement, la vision de la recherche qu'il développe. Trois points ont retenu notre attention, qui paraissent chacun représentatif d'une conception proprement et implicitement « latourélienne » de la science et de l'innovation :

- la nature de l'alliance entre les trois pôles du complexe militaro-scientifico-industriel ;
- une acceptation de l'hétérogénéité de la recherche ;
- une réflexion sur son propre rôle.

4.1.3.1.1 Sur l'alliance entre armée, recherche et entreprise : convergence des intérêts, divergence des projets

Licklider se trouve au coeur de la « triple alliance » armée-universités-entreprises et ne cessera de passer d'un pôle à l'autre. Il est dès lors assez naturel qu'il ait réfléchi à la question de la nature même de cette alliance. Et dans son interview au CBI, il développe sur ce problème une réflexion lucide et très fine. Ainsi, à la question de savoir comment peuvent se distinguer les intérêts militaires des intérêts de la communauté scientifique (notamment des chercheurs de Cambridge) dans l'utilisation des ordinateurs et les objectifs poursuivis, il développe une réponse en deux temps, qui peut être perçue comme une illustration concrète de la notion « d'objet-frontière ».

Selon lui, il est d'abord nécessaire de ne pas penser « *en termes de gros blocs schématiques* », séparant les trois composants du « complexe militaro-scientifico-industriel ». Il existe une interdépendance des besoins, une convergence des intérêts, comme il le résume par cette formule : « *what the military needs is what the businessman needs is what the scientist needs*. »[7]. Les besoins des trois pôles sont posés comme étant presque identiques au départ.

Mais les divergences vont apparaître lorsque l'on descend dans le coeur des projets, au niveau « micro » des projets techniques précis. Prenant l'exemple des travaux sur la reconnaissance de la parole, il montre que chaque acteur a des attentes spécifiques, parfois divergentes (les militaires veulent la reconnaissance de quelques mots critiques, les scientifiques une machine à dicter, etc.). Il prend aussi l'exemple de la fabrication d'un ordinateur permettant la simulation d'un opérateur de Code Morse, pour développer explicitement l'idée qu'un même objet

[7] J. LICKLIDER, *Interview by William Aspray and Arthur Norberg. 28 October 1988, art. cit.*, p. 25

technique sera inscrit dans un réseau social : « *so that you can hook the computer in the net with people* »[8]. En quelques termes simples et avec des exemples concrets, Licklider ne dit pas autre chose que les modèles constructivistes de l'innovation. Dans cet exemple de l'ordinateur, chaque partenaire, armée et science par exemple, sera attaché à un aspect précis du projet : les scientifiques aux recherches sur l'I.A., l'armée aux capacités de simulation, etc..

Que peut-on voir s'exprimer là, en effet ? A la fois une conception plutôt « latourélienne » de la recherche scientifique en termes de réseaux d'acteurs et une vision proche de la notion d'objet-frontière, *i.e.* d'un objet technique placé à l'intersection de différents mondes et réunissant les intérêts spécifiques et convergents de ces acteurs. Pour Licklider, les militaires, les scientifiques et les entreprises doivent être également intéressés par la réalisation des mêmes projets de recherche informatique, à condition que les projets comportent plusieurs facettes[9]. Nous sommes loin des schémas purement linéaires et unidirectionnels, selon lesquels les scientifiques travaillent « pour le compte » des militaires.

4.1.3.1.2 Une conception très souple de la recherche et de ses réseaux

Concernant le travail scientifique proprement dit, l'activité des chercheurs ou plutôt le « management » de celle-ci, Licklider paraît très attaché à trois aspects complémentaires : la prise en compte de la diversité et de l'incertitude des recherches et des projets, la dimension informelle et conviviale de la recherche, une très grande souplesse dans la gestion des contrats.

Ainsi sur le premier point, Licklider accorde une grande attention aux divergences, aux oppositions techniques pouvant diviser les chercheurs : comment établir la connexion entre le clavier et la mémoire de masse, quel nombre de boutons nécessaire à la souris d'Engelbart, etc.. Il cite quelques exemples précis de recherches parfois contradictoires et fait part de sa volonté de favoriser les projets différents, menés sur les mêmes sujets, pour examiner les nouvelles idées pouvant en surgir.

Connaissant bien lui-même le caractère incertain et « conflictuel » de toute activité de recherche scientifique, il a d'emblée intégré cette dimension de la recherche dans son mode de management à l'IPTO. Et s'il parle délibérement de « réseau intergalactique », pour désigner le

---

[8] *Ibid*.

[9] *« But they will both be happy with exactly the same project if it has both facets*. », précise-t-il plus loin. *Ibid*.

petit réseau de chercheurs qu'il va mettre en place, ce n'est pas seulement par ironie : c'est pour donner la vision d'un réseau assez lâche, hétérogène, diversifié et non pas la représentation d'un système organisé. Licklider « *voulait créer un réseau de contrats dans lequel chaque point pouvait faire différentes choses qui ne s'adaptaient pas forcément pour faire un système total* »[10]. Il développe ainsi la conception d'un réseau très souple d'interactions, fondé en bonne part sur les rencontres personnelles, fréquentes mais aussi amicales. La création par exemple d'un groupe informel de tous les responsables d'agences de financement de la recherche informatique (que nous présentons plus loin), est assez emblématique de cette vision assez conviviale de la recherche, dégagée le plus possible des pesanteurs bureaucratiques.

On peut voir dans cette manière extrêmement souple d'envisager les recherches et les échanges entre chercheurs, une prémonition de l'hétérogénéité et de la diversité d'Internet, en tant que réseau autogéré, auto-produit et perfectionné par ses acteurs, sans plan d'ensemble. En d'autres termes, la conception de la recherche de Licklider est à l'opposé de toute vision planificatrice et dirigiste de la gestion scientifique.

Licklider va également faire preuve d'innovation dans la gestion des contrats de recherche et du mode de management de l'IPTO. Il met au point une nouvelle façon de gérer les contrats et de les défendre auprès de l'ARPA, qu'il explique de la manière suivante. Au lieu de présenter les contrats comme d'habitude, en disant : « *Voilà ce contrat et nous allons le mettre dans telle catégorie* », il insiste sur les résultats attendus et les interactions avec d'autres recherches : « *Ce contrat doit produire tels résultats et l'argent nécessaire est de ...* »[11]. Cette façon inédite de présenter les contrats de recherche et de gérer les projets est alors très nouvelle à l'ARPA et au Pentagone et elle « *heurtait les gens de la comptabilité, qui n'avaient jamais vu ça* »[12].

Enfin sur l'ensemble des recherches menées au début des années 60, il reconnaît qu'il n'y a pas alors de « vision claire » et sûrement pas celle d'un système global et cohérent, mais plutôt le soutien à différentes méthodes, techniques, laboratoires et personnes travaillant à différents systèmes informatiques. En fait, l'ensemble de la représentation de Licklider du champ de la recherche informatique de cette époque est marquée au coin de l'hétérogénéité foncière de toute recherche scientifique. La grande qualité du directeur de l'IPTO semble résider ici dans cette lucidité et cette acceptation de la réalité de la « science en action », qu'il a cherché à accompagner intelligemment.

---

[10] *Ibid*., p. 27

[11] *Ibid.* Il peut ainsi établir la liste de tous les composants du contrat, préciser combien chaque partie reçoit d'argent, quelles sont les interactions entre elles, etc..

[12] *Ibid*.

4.1.3.1.3 Une conception de son propre rôle comme animateur de projets

Dans cette interview, Licklider confie que son passage à l'ARPA a été trop bref pour pouvoir construire réellement quelque chose. Comme il n'y a pas de pression véritable de la part de ses supérieurs du Pentagone pour faire un projet uniquement militaire, l'une de ses idées-forces à la tête de l'IPTO est de rester « *au sommet du diagramme* » (*i.e.* de la triple alliance armée-universités-entreprises) pour essayer d'amener ses partenaires à sa conception de la recherche, notamment à cette idée selon laquelle le même objet de recherche correspond aux besoins de différents acteurs. Enfin, dans une intéressante confession, Licklider compare son propre rôle, à une échelle plus modeste, à celui de Vannevar Bush : un rôle d'animateur, de fédérateur, de gestionnaire de multiples projets.

4.1.3.2 Les fondements du management de l'IPTO

Comment se « traduit » cette conception à la fois lucide, originale et souple de la recherche scientifique, lors de son passage à l'IPTO ? Par l'établissement d'un style de management, en parfaite congruence avec celui de Jack Ruina et qui va caractériser longtemps les interventions de l'IPTO dans le champ de la recherche informatique.

Même si la personnalité de chaque directeur de l'IPTO jouera un rôle important, chacun imprimant son style et un mode de relation particulier avec les partenaires de l'agence, il existe des constantes dans le fonctionnement de l'IPTO. Et c'est bien Licklider qui a, le premier, établi ce mode de management si spécifique à l'ARPA/IPTO, dont nous aurons l'occasion de voir l'efficacité lors du lancement d'ARPANET.

Pour en donner une idée plus concrète, nous rappellerons les conditions que pose Licklider pour l'établissement d'un contrat, en prenant l'exemple de son projet le plus important, celui du *Project MAC* conclu avec le MIT. Première et principale condition : le MIT doit faire un « très bon » projet (que Licklider n'hésite pas à comparer à « *un travail de chef d'état* ») et la qualité du projet écrit est un enjeu essentiel pour lui. Les orientations de recherche elles-mêmes, voulues par le directeur de l'IPTO, sont claires et sans surprise : « *je voulais de l'informatique interactive, du time-sharing, des ordinateurs autant faits pour la communication que pour le calcul*. »[13]. Il lui faut également l'assurance que les meilleurs chercheurs travailleront sur le projet[14]. Autre condition,

---

[13] J. LICKLIDER, *Interview by William Aspray and Arthur Norberg. 28 October 1988, art. cit.*, p. 33

[14] On retrouve ici une constante essentielle chez Licklider, déjà visible en 1952-53 au Lincoln Lab : la quête de l'excellence, le souci de s'entourer des meilleurs (les dix meilleurs psychologues en 1952-53, les meilleurs informaticiens en 1962-64). Cette recherche, très américaine, de la performance et de la plus grande qualité ne lui est certes pas propre et marquera également la politique de ses successeurs à l'IPTO.

peut-être moins systématique mais qui a prévalu dans le cas du MIT : l'organisation d'une « recherche d'été » (ce que l'on appelle alors *summer study*). Ce type de recherche permet de rassembler des gens venus à la fois de l'industrie et d'autres universités, pour travailler sur le même thème ou le même projet l'espace d'un été[15]. Enfin, les contrats menés avec l'ARPA/IPTO doivent entraîner la plus grande coopération entre chercheurs et, dans le cas du MIT, l'obligation pour les chercheurs de s'impliquer auprès d'autres partenaires (comme SDC), ou de présenter leurs travaux lors de réunions. Toutes ces conditions, plus ou moins informelles, indiquent le haut degré d'exigence de Licklider et son souci d'impliquer au maximum les chercheurs dans la communauté en émergence. Elles seront peu ou prou maintenues par les autres dirigeants de l'IPTO, qui ajouteront chacun leur « style personnel ».

4.1.4 Le constructeur des réseaux sociaux de l'informatique

L'action de Licklider s'est sutout traduite par la constitution des réseaux sociaux des acteurs d'ARPANET. En effet, pendant ses deux années à l'ARPA, il va mettre en place la véritable ossature du réseau d'acteurs et d'entités qui réalisera ARPANET. Cette intense activité « d'intéressement et d'enrôlement » d'alliés les plus divers va se déployer dans différentes directions, à l'intérieur et à l'extérieur de l'ARPA et dans les trois sphères du « complexe militaro-scientifico-industriel » de l'informatique. On peut résumer ce travail éminemment social par les points suivants :

- la recherche d'alliés intérieurs et extérieurs à l'ARPA dans les hautes sphères de la politique, de l'armée et de la gestion de la science ;
- la mise en place d'un petit réseau de chercheurs en informatique à travers le pays, financés par l'ARPA / IPTO ;
- la consolidation de ses plus forts soutiens existants, notamment au MIT avec le lancement du *Project MAC* ;
- le soutien actif à la constitution de l'informatique comme discipline autonome ;
- la réorientation des contrats conclus avec les entreprises et la promotion du *time-sharing* auprès des sceptiques ;

---

[15] Nous avons déjà rencontré ces *Summer study* dans l'évocation du MIT au début des années 50 et souligné leur importance pour Licklider. Rien d'étonnant à ce qu'il en fasse une condition pour le lancement du *Project MAC*, comme nous le verrons.

- la préparation *de facto* de sa succession à l'IPTO par le travail d'intéressement et de conviction développé auprès d'un petit groupe de chercheurs de haut niveau, qu'il ralliera à ses vues sur l'importance des réseaux.

En passant successivement en revue ces différentes actions de Licklider, nous aurons l'occasion de dresser une nouvelle cartographie du réseau, de plus en plus étendu, de ses relations et, au-delà, de l'ARPA/IPTO.

4.1.4.1 Une position délicate au sein de l'ARPA

Disposant désormais avec l'IPTO d'un dispositif potentiellement très puissant (crédits, liberté de maneuvre, souplesse, situation stratégique), il va devoir tout d'abord consolider sa propre position à l'intérieur de son nouveau « réseau d'appartenance », le Pentagone. Bien qu'il soit l'un des plus forts symboles du « complexe scientifique-militaro-industriel », on aurait tort de considérer Licklider comme un parfait bureaucrate du Pentagone, militariste et sans état d'âme. S'il se sent chez lui au MIT, on ne saurait en dire autant du Pentagone et de l'ARPA, où les relations avec son entourage et le milieu particulier du Ministère de la Défense n'auront pas ce caractère d'évidence[16]. Sa position à l'ARPA n'est donc pas aussi forte qu'on peut le penser : comme plus tard ses successeurs, il reste un universitaire, un civil « exilé » dans un milieu militaire. En fait de soutien interne, il bénéficie surtout de la confiance totale de Jack Ruina, qu'il voit assez peu et qui lui laisse une entière liberté d'initiative. Par ailleurs, il doit affronter les réticences des responsables des services comptables de l'ARPA, surpris par son mode original de management des contrats. Par rapport au conflit latent et originel entre l'ARPA et le DoD, Licklider semble garder une position d'extériorité et avoue ne pas avoir ressenti cette « guerre des services » interne au Pentagone[17].

En fait, sa position comme son parcours, ses projets et ses idées le placent d'emblée dans une situation plutôt marginale au sein de l'ARPA, qu'il va utiliser surtout comme un « dispositif

---

[16] Ainsi dans son interview, Licklider fait part de ses sentiments personnels et de ses impressions très mitigées sur l'ARPA à son arrivée. Une partie de l'activité de l'ARPA, qui commencet à être impliquée dans la guerre du Vietnam naissante, le met très mal à l'aise. Il évoque également une ambiance d'espionnage au sein de l'agence, incarnée par un certain Bill Godell, chargé de surveiller son activité. Et il confie qu'il essaye alors de rester en dehors de cette atmosphère pesante, en se concentrant sur son projet encore mal défini.

[17] Licklider paraît d'ailleurs disposer de ses propres canaux de contact personnel avec son ministère de tutelle, le Pentagone : c'est ainsi qu'il évoque ses relations épisodiques avec un organisme, appelé *Defense Supply Service Washington* (DSSW), émanation du *Secretary's office*. Cet organisme est alors un interlocuteur important pour le déblocage en urgence de crédits pour le financement des projets des différentes agences du Pentagone. Licklider y fera appel au moins une fois et réussira à conclure un contrat de recherche dans le temps record de deux semaines.

d'intéressement » orienté vers l'extérieur. Et ce sera cette action externe qui lui assurera, en retour, une consolidation de sa position interne plus fragile.

4.1.4.2 La recherche d'alliés extérieurs : le « Comité Licklider », la Maison Blanche...

L'exemple le plus marquant de cette politique de « recrutement » d'alliés à l'extérieur de l'agence est donné par l'une de ses premières initiatives.

Peu de temps après son arrivée à l'ARPA à l'automne 62, le nouveau directeur de l'IPTO met sur pied un comité assez informel, réunissant tous les responsables des agences et des programmes de financement de la recherche informatique du moment. Ce comité, que certains ont baptisé le « comité Licklider », est une sorte de comité de liaison, d'échange d'information.

Selon Ivan Sutherland, qui y sera introduit par Licklider, ce groupe sans statut, sans responsabilités, sans budget et sans objectifs se réunira régulièrement et aura une très grande importance. Le « comité Licklider », sorte de collège invisible du management de la recherche informatique, réunit ainsi, non seulement des membres du gouvernement, mais tous les principaux responsables des programmes de recherche informatique de l'époque[18]. Son rôle consiste à s'informer mutuellement, entre responsables, des projets de recherche en cours pour éviter les doublons ou les rivalités.

Selon la teminologie « guerrière » de la sociologie de la traduction, la création de ce comité regroupant les autres responsables d'agences, c'est-à-dire les adversaires ou les concurrents potentiels de l'IPTO, pourrait correspondre à une opération réussie de « neutralisation » des adversaires : comment mieux s'assurer, sinon le soutien explicite du moins la « neutralité » des autres acteurs, qu'en impliquant ceux-ci dans un comité informel, plutôt convivial selon les témoignages et où l'information et la transparence sont de mise ? En fait, il ne faut voir là aucune volonté « machiavélique » et manipulatoire de la part de Licklider, mais plutôt la marque d'une conception hautement réfléchie des interactions entre gestionnaires de la recherche et le signe d'une incontestable efficacité « naturelle » du dirigeant de l'IPTO.

Parmi les autres relations établies ou suivies par Licklider dans les hautes sphères du pouvoir, il faut également mentionner celle qu'il établit avec le Comité scientifique présidentiel de J.

---

[18] Citons par exempe Rowena Swanson et Harold Wooster de l'AFOSR, le responsable de l'ONR, *l'Army Research Office* représenté par quelqu'un de Durham en Caroline du Nord, le NIH, la NASA, représentée par un jeune et brillant gestionnaire de projets, Robert Taylor, alors responsable du bureau de recherche de la NASA *(Office of Advanced Research and Technology*). Selon ce dernier, la NSF et le *Bureau of Standards* ne semblent pas faire partie du comité. Notons que c'est par l'intermédiaire du « comité Licklider » que Robert Taylor, également psycho-acousticien de formation, a l'occasion dès 1963 de rencontrer celui qui est alors pour lui son grand modèle intellectuel en psycho-acoustique et qui va devenir très vite son mentor en matière d'informatique. Nous présentons plus loin ce personnage-clé de l'émergence d'ARPANET.

Kennedy : le *President's Science Advisory Committee (PSAC)*, dont fait partie Jerome Wiesner qu'il a très bien connu au MIT. Nouvelle illustration des rivalités internes au sein du pouvoir politique, voire de la méfiance qui semble régner alors entre le Pentagone et le PSAC : Licklider révèle que ses patrons du Pentagone n'aiment pas trop le voir travailler avec le conseiller scientifique du président, car il est supposé travailler d'abord pour eux et non pour la Maison Blanche. Au cours de ses contacts avec le PSAC, Licklider rencontrera un écho évidemment très favorable à ses thèses sur l'informatique interactive auprès de Jerôme Wiesner, forgé lui aussi aux conceptions de la cybernétique.

Enfin, dans ce premier réseau des « relations extérieures » construit dès son arrivée à l'ARPA, il faut citer une relation, certes marginale, mais qui témoigne d'une dimension importante des préoccupations de Licklider. Son intérêt pour les problèmes d'information scientifique et technique, suscité par son travail chez BBN sur les bibliothèques, le mettra en effet en contact avec Weinberg, alors à la tête de l'Agence à l'Energie Atomique dans le Tennessee et qui est l'auteur du fameux rapport[19] sur la politique documentaire à mener pour la maîtrise de l'information spécialisée. Licklider cite ce contact pour rappeler que les questions nouvelles posées par l'essor de l'IST ne cessent de l'intéresser lorsqu'il est à la tête de l'IPTO.

En résumé, quelques mois à peine après son arrivée à l'ARPA, Licklider a considérablement enrichi la partie « institutionnelle » de son réseau social personnel : il a des relations professionnelles, et parfois personnelles, avec tous les responsables des agences de financement de la recherche, avec les conseillers scientifiques de Kennedy, avec plusieurs responsables du Pentagone, avec également les gens de la CIA et du NSA, avec de nombreuses personnalités d'organismes scientifiques ou techniques.

Quant à son réseau universitaire, il va, lui aussi, s'étendre de manière impressionnante.

4.1.4.3 Constitution du réseau de chercheurs de l'IPTO : les ARPA's Contractors

L'objectif central de Licklider à la tête de l'IPTO reste le développement des recherches en informatique et, pour y parvenir, il va utiliser les fonds à sa disposition pour le financement d'une dizaine de laboratoires informatiques. Son idée majeure est de créer une communauté de recherche consolidée, solide, en finançant des laboratoires travaillant sur des domaines proches de l'informatique interactive.

[19] Nous avons évoqué le Rapport Weinberg dans la section 3.5.3 : « L'arrivée de Kennedy et le nouvel essor de la recherche »

Nous avons vu qu'il est habité par une vision collective de la recherche, fondée sur l'idée de synergie, de partage et de renforcement mutuel. D'où son hypothèse de conforter les laboratoires existants pour gagner du temps, en remettant à plus tard la possibilité de « *faire quelque chose au Texas ou dans le Middle Ouest et de créer un centre cognitif là où il n'y avait rien* »[20].

A partir de son budget de 14 millions de dollars, Licklider dégage deux priorités : lancer des programmes de recherche par le financement d'une dizaine de laboratoires et réaliser ces projets en trois ans[21]. Il va constituer ainsi rapidement l'embryon du réseau des chercheurs en contrat avec l'ARPA.

Quelles sont les modalités de sélection de ces sites ? Selon son témoignage, le choix des sites financés se fait surtout à partir de ses relations personnelles et en partie sur la réputation de l'université. Licklider a de nombreux contacts avec les chercheurs, il participe à de nombreuses réunions, fait de nombreux voyages à travers le pays et, comme il l'indique lui-même à propos de ses choix, « *there is a kind of network* ».

Dans cette liste des premiers sites en contrat avec l'ARPA, l'on retrouve donc sans surprise l'essentiel de son « réseau personnel » antérieur :

- à l'Est : le MIT, Harvard, le Lincoln Laboratory, l'entreprise BBN, ainsi que le MGH (*Massachussetts General Hospital*) avec un certain Otto Burnett ; il faut y ajouter la CMU (*Carnegie Mellon University*), réputée pour les recherches sur l'Intelligence Artificielle menées par Perlis et Newell ;
- à l'Ouest : l'Université de Stanford avec McCarthy, le SRI avec Engelbart, ainsi que l'entreprise SDC, la seule qui soit déjà en contrat avec l'ARPA. S'y ajoutent UCLA et Berkeley, dont la réputation en informatique est déjà établie.

Au total, ce sont à peine une douzaine de sites de recherche informatique qui sont reliés à l'ARPA par un système de généreux contrats de financement. Le critère essentiel du choix du directeur de l'IPTO tient plus des relations personnelles existantes et surtout du type d'informatique que les chercheurs sont prêts à développer, que des moyens existant déjà dans les universités[22].

Pour susciter des projets dans les universités, Licklider va bénéficier d'un précieux moyen de « motivation » des chercheurs : des ordinateurs du système *SAGE*, mis à disposition par l'armée,

---

[20] J. LICKLIDER, *Interview by William Aspray and Arthur Norberg. 28 October 1988, art. cit.,* p. 21

[21] Dès son arrivée, Licklider a l'intention de ne pas rester trop longtemps à l'ARPA. D'où la nécessité de diviser par trois son budget pour l'étaler sur trois ans.

[22] On comprend mieux pourquoi, selon l'interviewer William Aspray, plusieurs sites informatiques importants, comme Wayne State, l'Université du Michigan ou Georgia Tech, n'auraient reçu aucun financement de l'IPTO. Bien que, selon Licklider, l'Université du Michigan aurait été financée par l'ARPA, mais plutôt pour un projet sur les sciences du comportement.

qu'il utilise comme une sorte « d'appât » ou plutôt de « dispositif d'intéressement ». Il fait ainsi ce type de proposition à quelques universités : « *voulez-vous ce type d'ordinateur et que feriez-vous avec si vous l'aviez ?* ». Même si les chercheurs ne sont pas toujours intéressés par les ordinateurs monstrueux du réseau *SAGE*, d'intéressantes discussions s'ensuivent, conduisant généralement à la signature d'un contrat de recherche. Secondé par son associé Buck Cleven dans cette tâche, Licklider assume la responsabilité de sélectionner et de financer les chercheurs pour organiser et diriger les groupes de recherche : à ce titre, il deviendra l'architecte du *Project MAC* au MIT et des autres projets informatiques.

C'est ce petit réseau des ARPA's Contractors, *i.e.* des chercheurs en contrat avec l'ARPA, constitué en quelques mois et composé d'une douzaine des meilleurs informaticiens du moment, que Licklider baptisera ironiquement « *l'Intergalactic Computer Network* » (réseau d'ordinateurs intergalactique). Les ARPA's Contractors sont également appelés PI ou *Principal Investigators*[23].

Dès 1963, l'IPTO commence ainsi avec quelques sites cette activité de financement de la recherche informatique dans les universités, qui va constituer par la suite son activité essentielle. L'embryon du futur ARPANET apparaît ici, autour de cette douzaine de sites de recherche.

Le schéma de la page suivante récapitule l'extension du réseau social tissé par Licklider durant ses deux années passées à l'ARPA.

[23] Nous n'avons pu établir s'il existe une stricte équivalence entre les *PI* et les *ARPA's Contractors*, les acteurs de l'époque utilisant indifféremment les deux dénominations. Selon nous, le terme de *ARPA's Contractors* désignerait le site en contrat avec l'ARPA et par extension, l'ensemble des chercheurs de ce site, tandis que le terme de *Principal Investigator* (Chercheur Principal) s'appliquerait au chercheur responsable du contrat.

Schéma n° 3.4 : Les filières de l'ARPA/IPTO. Licklider : 1962-1964

4.1.4.3.1 Peu de contrats, mais le lancement d'un projet « phare »

Quels sont les premiers contrats de recherche conclus par l'IPTO entre 1962 et 64 ?
Licklider n'aura pas le temps de mener à bien beaucoup de projets : venu pour un an à l'ARPA, il est resté deux ans, délai cependant trop court pour des projets techniques significatifs.
Sa priorité concerne la nécessité d'avoir des systèmes de *time-sharing* pour pouvoir faire de la recherche sur les interactions hommes-machines. Parmi les contrats et projets passés par lui, on peut donc observer trois projets de *time-sharing* et quelques autres contrats sur différents thèmes.

Le premier et le plus important projet lancé par Licklider est mené dans son « fief » d'origine, le MIT. Il concernera plusieurs laboratoires existants du MIT et plusieurs axes de recherche : *time-sharing*, Intelligence Artificielle, interactivité. Ce projet, dont l'idée est lancée dès l'automne 62, sera conduit par Robert Fano, que Licklider connait très bien. Il s'agit du *Project MAC*, dont la spécificité et l'importance justifient une présentation particulière[24].
Les deux autres projets de *time-sharing* concernent l'entreprise SDC et l'université de Berkeley.
Le projet SDC, dont nous évoquons ci-dessous la difficile genèse, aurait été l'un des plus coûteux projets de l'IPTO. Visant à implanter un système de *time-sharing* sur le gros ordinateur *AFSQ32* du réseau SAGE, ce projet sera terminé avant le départ de Licklider de l'ARPA.
Le troisième projet de *time-sharing* est lancé à l'Université de Californie de Berkeley (UCB), avec Harry Huskey et David Evans comme *Principal Investigators*. Initialement, il s'agit simplement d'établir une liaison à distance avec la SDC, pour suivre les travaux de la firme et en rendre compte à Licklider. L'UCB établit ainsi son premier contrat avec l'ARPA pour recevoir un téléscripteur et une ligne dédiée entre Berkeley et Santa Monica, afin de pouvoir se connecter de temps à autre et évaluer les travaux menés par SDC[25]. Mais le projet initié à Berkeley consiste aussi en l'implantation d'un système de *time-sharing* sur un ordinateur SDS, système qui fonctionnera avant le départ de Licklider. Si le projet de Berkeley est au début assez modeste en termes de financements, il deviendra plus important par la suite pour se transformer en un grand projet de *time-sharing*, le *Project Genie*.

Enfin il faut relever un autre contrat important car emblématique de la connexion entre les deux visionnaires de l'informatique interactive : celui signé par Licklider concernant les recherches

[24] Voir le chapitre suivant 4.2 : « Le *Project MAC* et ses suites »

[25] Faut-il voir dans ce contrat un dispositif de contrôle à distance et une marque de défiance de Licklider envers la SDC, avec qui les relations seront toujours un peu tendues ? Ou bien la concrétisation de cette idée, chère au responsable de l'IPTO de réaliser des interactions entre les projets de ses contractants ?

menées au SRI par Douglas Engelbart. Ce dernier a commencé ses travaux sur les interfaces et la souris, bien avant l'arrivée de Licklider à l'ARPA. Engelbart bénéficie déjà d'autres sources de financement, notamment provenant de cet organisme de la NASA, *l'Office of Advanced Research and Technology*, qui fait partie du « Comité Licklider » et dont le responsable est Robert Taylor, que nous aurons l'occasion de retrouver. En 1963, Engelbart devient PI de l'ARPA et obtient un financement assez généreux de Licklider pour mener ses recherches sur l'implantation d'une interface sur un ordinateur central. Les travaux sur l'invention de la souris aboutissent assez vite en 1964, lorsque Engelbart et son associé Bill English mettent au point un premier dispositif de « pointage ». 1963 marque ainsi, non seulement l'entrée d'Engelbart dans le réseau des ARPA's Contractors, dans lequel il jouera un rôle-clé, mais aussi le début d'une longue relation entre les deux théoriciens de l'informatique interactive, relation qui s'achèvera dans des conditions plus conflictuelles en 1975, lorsque le même Licklider, revenu à la tête de l'IPTO, coupera les vivres à Engelbart. Comme l'expliquent Bardini et Horvath :

> *« depuis leur commencement, la relation entre Engelbart et Licklider était celle d'un intérêt mutuel : Engelbart voulait être financé, et Licklider voulait voir l'évolution du time-sharing, l'une de ses idées favorites. » « Mais au début des années 70, le problème était différent »*[26].

Pour limitée qu'elle soit (en comparaison des années qui suivront), l'activité de financement de projets de Licklider est loin d'être négligeable[27] : qu'il s'agisse de l'encouragement de recherches décisives déjà commencées comme celles d'Engelbart, ou du lancement de ce qui sera l'un des plus grands projets informatiques des années 60, le *Project MAC*, l'action de Licklider, pendant ces deux années cruciales, sera là encore fondatrice.

4.1.4.4 La constitution d'une nouvelle discipline : la Computer Science

L'un des effets, directs ou indirects, de cette politique contractuelle de l'IPTO sera la naissance de l'informatique, en tant que discipline scientifique reconnue à part entière. Rappelons que

---

[26] T. BARDINI, A. HORVATH, The Social Construction of the Personnal Computer User, *Journal of Communication*, été 1995, vol. 45, n° 3, p. 52

[27] Les autres contrats de la « période Licklider » paraissent plus marginaux : quelques contrats conclus sur les écrans, les procédures de contrôle, les bases de données, un autre signé avec la CMU (*Carnegie Mellon University*), impliquant Perlis et Newell. Notons également qu'il y a peu de contrats conclus sur le traitement graphique, car les supports techniques nécessaires pour ce type de travaux ne sont pas encore suffisants.

jusqu'à présent, les étudiants et chercheurs en informatique relèvent des départements *d'Electrical Engineering.*

Selon Robert Taylor et d'autres acteurs d'ARPANET, c'est le programme de Licklider à l'ARPA qui va permettre de jeter les bases des premières formations diplômantes en informatique dans quatre universités, habilitées à délivrer les premiers diplômes de doctorat (*Ph D*) en *Computer Science* : l'Université de Californie de Berkeley, la CMU (*Carnegie Mellon University*), le MIT et Stanford.

Certes ces premiers programmes de formation doctorale en informatique ne commenceront qu'en 1965, donc après le départ de Licklider de l'ARPA. Et il serait excessif d'affirmer que c'est le Directeur de l'IPTO qui a « constitué » la discipline scientifique de l'informatique. Les initiatives sont d'abord venues des universités elles-mêmes[28]. Mais les financements accordés par l'IPTO ont accéléré la création des premiers Ph D d'informatique et nul hasard si ces quatre universités figurent parmi les quinze premiers noeuds d'ARPANET, aux côtés des autres universités (UCLA, Utah, etc.) qui suivront bientôt le mouvement et créeront leur Département d'Informatique.

4.1.4.5 Comment détourner les sceptiques vers le time-sharing : le cas de SDC

Dans son travail « d'intéressement et d'enrôlement » d'alliés, il faut signaler l'attitude offensive de Licklider face aux sceptiques du *time-sharing*, notamment la firme SDC. Nous avons vu que son recrutement à l'ARPA a été officiellement motivé pour reprendre en mains le contrat, d'un montant de 7 à 9 millions de dollars, signé auparavant entre l'agence et la *Systems Development Corporation*[29].

Quelle est la nature des recherches menées au début des années 60 chez SDC ? Ce sont essentiellement des recherches sur le *Command and Control* et sur les bases de données. Les premières véritables recherches sur la gestion de grandes bases de données sont ainsi menées par SDC[30] et c'est l'aspect le plus intéressant de leurs travaux, selon Licklider, par ailleurs assez critique sur la firme.

---

[28] Comme nous l'avons entrevu avec l'université de Stanford, dont le Président a fait venir John McCarthy en 1962 pour créer précisément un Département de *Computer Science*. Stanford, avec McCarthy comme PI, est par ailleurs l'un des premiers sites en contrat avec l'IPTO.

[29] Voir la section 3.5.4.2 : « D'importants projets de recherche militaire »

[30] L'entreprise californienne va devenir dans les années 60 l'un des pionniers de l'informatique documentaire : travaux sur l'un des premiers systèmes de recherche sur texte libre en 1960 (le *Protosyntex*), conception en 1965 du système BOLD (*Bibliographic On-Line Display*) et surtout mise au point en 1969 du logiciel *ORBIT* (*Online Retrieval of Bibliographic Information Time-shared*), le deuxième serveur de banques de données (après DIALOG)

Cette caractéristique des travaux menés par SDC est liée aux origines mêmes de la firme. Rappelons que SDC est née dans les années 50 à l'occasion du système *SAGE*, d'une initiative de la *RAND Corporation*, partenaire privilégié de l'armée[31]. Dans son interview, Licklider évalue à cent ou deux cents le nombre de programmeurs travaillant au début des années 60 dans la firme.

Autrement dit, le tout premier partenaire informatique de l'ARPA est déjà un acteur important de l'informatique américaine.

Mais tous les travaux de la firme[32] sont fondés sur le *batch processing*, ce qui ne peut que susciter l'opposition du fervent partisan du *time-sharing*. Dès sa prise de fonctions à l'ARPA, Licklider ne cache donc pas son hostilité à la nature des travaux de SDC et, compte tenu de son manque d'empressement à soutenir le contrat en cours, les relations avec la firme de Santa Monica vont rapidement se tendre. Licklider reproche surtout à SDC d'avoir des moyens importants (l'énorme Q 32, l'ordinateur *SAGE*), fonctionnant en batch processing et de refuser de les adapter au *time-sharing*.

Le conflit qui surgit en 1962, fondé sur des conceptions différentes de l'informatique, n'est ainsi qu'une illustration supplémentaire de la longue controverse, opposant les deux systèmes d'exploitation en concurrence : *time-sharing vs batch processing*. Les relations entre l'IPTO et SDC sont donc marquées par de vives tensions, à cause de ces visions opposées et des tentatives de chacun pour imposer ou maintenir ses propres conceptions, l'enjeu étant le maintien ou la diminution des moyens accordés par l'ARPA à SDC. Dans son témoignage, Licklider a tendance à minimiser le conflit, qui ne serait pas « *trop grave* » selon lui et il rappelle, non sans ironie, que « *la firme n'aimait pas trop qu'on lui dise ce qu'il fallait faire* ».

Mais dans cette controverse opposant deux acteurs et deux conceptions de l'informatique, le théoricien de l'informatique interactive et du *time-sharing* dispose de moyens de pression décisifs, puisque c'est lui qui décide des crédits. Ne pouvant rompre cependant les liens quasi historiques de l'ARPA avec la firme, il cherchera à la faire changer d'avis et à la « détourner » vers ses propres conceptions, en assortissant les financements de l'ARPA d'une condition : que les travaux de SDC portent désormais sur le *time-sharing*. Le dénouement de ce micro-conflit

---

permettant l'interrogation à distance d'une trentaine de bibliographies médicales, qui formeront en 1971 la célèbre banque de données MEDLINE.

[31] Afin d'assurer la formation des programmeurs des énormes machines du réseau *SAGE*, la *RAND* avait mis sur pied un service de formation, la *Systems Development Corporation* (SDC), par lequel passeront plus de 2000 personnes (voir P. BRETON, *op. cit.*, p. 130).

[32] SDC mène également des travaux pionniers sur les premiers écrans de contrôle et les interfaces.

intervient à l'hiver 62-63, lors d'une réunion organisée par Licklider avec les gens de SDC. A cette réunion assistent également Fernando Corbato, McCarthy et d'autres chercheurs sollicités par Licklider pour l'aider à convaincre la firme récalcitrante à franchir le pas vers le *time-sharing*. Mais si les chercheurs de SDC acceptent finalement le projet de l'IPTO, ce n'est pas par conviction, selon Corbato, mais bien parce que Licklider leur aura presque ordonné.

Pour quelles raisons les chercheurs de SDC s'opposent-ils aussi longtemps au *time-sharing* ? Comme dans l'exemple d'IBM que nous avons montré, ce ne sont pas des raisons « idéologiques » ou théoriques qui motivent les programmeurs de l'entreprise. En fait, ces chercheurs sont d'abord intéressés par la programmation de haut niveau ; et les projets développés sur les bases de données ou le *Command and Control* sont surtout des prétextes, selon Licklider, « *pour pouvoir développer des programmes très compliqués, leur permettant de rester au sommet de la programmation complexe* »[33]. Licklider livre ici une idée intéressante sur les « intérêts » des chercheurs, leurs motivations et leur refus de développer de nouveaux systèmes techniques, peut-être plus intéressants pour les usagers mais remettant en question leur domaine d'excellence.

Dans la controverse time-sharing/batch processing, le ralliement, même contraint et forcé, de SDC au modèle du temps partagé marque une étape importante, non seulement à cause du poids de l'entreprise californienne dans le champ de l'informatique d'alors, mais aussi parce que, une fois leur accord donné, ils joueront le jeu. Le travail proposé par Licklider sera confié à un brillant programmeur, Jules Schwartz, et le projet SDC deviendra très vite l'un des plus importants projets de *time-sharing* en cours au milieu des années 60.

4.1.4.6 Une succession assurée à l'IPTO

Licklider était un incomparable « chasseur de têtes » et ce fut l'un des principaux aspects de son activité, tout au long de sa longue carrière de chercheur et de gestionnaire scientifique. C'est d'ailleurs l'un des rares talents qu'il se reconnaît, étant par ailleurs de nature plutôt modeste : « *I think I was a good picker of people* », confie-t-il dans son interview. De fait, nous venons de voir que l'essentiel de son action à l'IPTO a consisté à choisir, à convaincre et à recruter les meilleurs informaticiens de l'époque.

[33] J. LICKLIDER, *art. cit.*, p. 22

Et dans le bilan qu'il tire de ses deux années à la tête de l'IPTO, il est significatif de voir que pour lui, « *la meilleure chose qu'il a pu faire a été de recruter un successeur, Ivan Sutherland* », qu'il juge « *très efficace* » et « *sûrement plus brillant que lui* »[34].

Licklider sait en arrivant qu'il ne restera pas longtemps à l'ARPA. Ce sera d'ailleurs une règle de fonctionnement plus ou moins explicite de l'IPTO que de confier des mandats assez courts, généralement de deux ans, aux directeurs successifs. Dès le début 1964, il commence donc à se chercher un successeur, inaugurant également une autre règle implicite qui perdurera, celle de la cooptation directe par chaque responsable de l'IPTO de son remplaçant. La tâche est difficile selon lui, car les candidats ne paraissent pas se bousculer. Il trouve cependant « l'oiseau rare » en la personne d'un jeune chercheur, Ivan Sutherland, qu'il connaît depuis plusieurs années[35].

Non seulement Licklider réussit à assurer sa succession immédiate avec un chercheur qui croit en l'importance de ses idées, mais il va également établir, de manière plus ou moins directe, la courte « lignée » de ses successeurs des années 60. Dès 1963-64, il a en effet des contacts importants avec ceux qui prendront la suite de Sutherland, à savoir Robert Taylor et Larry Roberts, qu'il convaincra aussi de l'importance de son concept de mise en réseau.

Pour Robert Taylor, les contacts se font au sein du « Comité Licklider » , dont Taylor fait partie. Il fait plus que séduire et gagner à sa cause ce jeune psycho-acousticien, puisqu'il le conseillera à Sutherland lorsque celui-ci, fraîchement nommé à la tête de l'IPTO, cherchera un conseiller scientifique[36].

Le troisième personnage de l'IPTO, Larry Roberts, entrera en contact avec Licklider au cours d'un colloque en novembre 1964, peu après son départ de l'ARPA.

Selon Roberts lui-même, cette rencontre[37]orientera toute la suite de sa carrière, puisqu'il aurait décidé à ce moment-là de se consacrer à la mise en réseaux. Dans son « *Internet Chronology* », le futur fondateur d'ARPANET va même jusqu'à qualifier cette conférence et cette discussion de « tournant critique » dans l'histoire de l'émergence d'ARPANET : « *This was the critical turning*

---

[34] LICKLIDER, J.C.R. *Interview by William Aspray and Arthur Norberg. 28 October 1988. Cambridge, Massachussets*, art. cit., p. 32

[35] Nous retraçons plus loin les conditions plutôt tumultueuses de la venue de Sutherland à l'IPTO en septembre 1964. Voir section 4.3.1.1.2 : « Des conditions d'arrivée à l'IPTO assez inhabituelles »

[36] Robert Taylor, que nous présentons plus loin (voir section 4.3.1.2 : « Robert Taylor ou le « disciple » de Licklider ») deviendra par la suite le troisième Directeur de l'IPTO (voir le chapitre 4.3).

[37] Nous y reviendrons dans la section consacrée à Larry Roberts (voir en 4.4.1.2 : « Larry Roberts, un autre « génie de l'informatique » »).

point where Lick's Internet concept is transferred to Roberts to be implemented. »[38]. La réalité est certes plus complexe que ne le laisse entendre Roberts, qui fournit d'ailleurs dans son interview au CBI une version plus nuancée de cette « rencontre historique ».

Pour notre part, tout en prenant avec beaucoup de réserve cette vision quelque peu simpliste d'un point de départ du « *concept d'Internet de Licklider* », nous retiendrons l'importance de cette rencontre de novembre 64, nouvelle illustration de la capacité de Licklider à convaincre et intéresser d'autres acteurs à sa cause.

Licklider aura ainsi permis une totale continuité dans la politique de l'ARPA/IPTO des années 60. Marqués par sa formidable puissance de conviction et l'ampleur de ses vues, ses successeurs tout en laissant l'empreinte de leur passage à l'ARPA, vont continuer sur la voie ouverte par le visionnaire de l'informatique interactive.

4.1.5 Quel bilan de Licklider ?

Figure majeure de l'histoire de l'informatique des années 60, Licklider a eu une influence considérable[39] : il a permis une réorientation stratégique de la recherche informatique académique vers les nouvelles voies de l'informatique interactive, donnant une direction de recherche à long terme pour tous les chercheurs, il a redéfini les priorités des financements de l'ARPA vers des objectifs plus civils que militaires[40], il a structuré le champ de l'informatique américaine en jetant les bases des formations diplômantes et en constituant le réseau des meilleurs chercheurs...

Son bilan durant ses deux brèves années à la tête de l'IPTO est donc décisif, surtout lorsqu'on le considère sur la longue durée. Car comme beaucoup de pionniers et de fondateurs, Licklider n'a pas récolté lui-même les fruits de ce qu'il a semé[41]. Son action à l'ARPA entre 1962 et 64 doit être évaluée sur le long terme, notamment par la prise en compte du rôle déterminant joué par l'ARPA/IPTO dans le développement de la recherche informatique américaine.

---

[38] L. ROBERTS, *Internet Chronology*, [En ligne] Version mise à jour le 29 août 1997, p.1. Disponible sur WWW : <http://www.ziplink.net/~lroberts/InternetChronology.html>

[39] Bien que nous n'en ayons pas fini avec Licklider, nous présentons ici ce bref bilan de son action à la tête de l'IPTO.

[40] D'après la série d'interviews du Charles Babbage Institute, les fonds de l'ARPA distribués sous la direction de Licklider pour financer la recherche étaient considérés comme devant être d'abord utiles à la société civile et en second lieu aux militaires.

[41] Il ne participera que de très loin, par exemple, à la naissance d'ARPANET, qui pourtant lui devra beaucoup.

Il n'a pas seulement fourni l'inspiration socio- technique des futurs pionniers d'ARPANET, qui se réclameront tous de lui et le rôle de « visionnaire des réseaux », auquel le résume souvent l'historiographie courante d'Internet, ne constitue pas, loin s'en faut, son seul bilan. Et il est intéressant de relever l'accord de deux de ses successeurs qui partagent la même analyse de son véritable bilan. Pour Roberts:

> *« la première influence (de Licklider) est la production de gens dans le champ de l'informatique qui sont formés, bien informés et compétents, et qui forment les bases du progrès que les Etats-Unis ont fait en informatique. La production de ces gens a commencé avec Licklider, quand il a démarré le programme de l'IPTO et commencé les grands programmes universitaires»*[42].

Robert Taylor renchérit en disant que Licklider a constitué, en deux ans, par son travail de recrutement et d'organisation des équipes de recherche, une bonne partie du « *who's who* » de la recherche informatique actuelle[43].

Il ne s'agit pas cependant d'expliquer le développement informatique d'un pays comme les Etats-Unis par la seule action d'un individu, aussi talentueux soit-il. Mais il est incontestable que la personnalité, le charisme, la vision stratégique et les intuitions d'une autre informatique ont conféré à Licklider un rôle crucial à une époque où la recherche informatique cherchait encore sa voie et hésitait sur le modèle d'ordinateur à promouvoir.

Licklider inaugure en fait la série de conjonctions exceptionnelles entre des individualités fortes, brillantes et efficaces et le puissant dispositif de recherche scientifique que va constituer l'ARPA/IPTO.

---

[42] L. ROBERTS, *Interview by Arthur L. Norberg. 4 April 1989. San Mateo, California*, Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989, p. 26

[43] R. TAYLOR (Préf.), *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990*, [En ligne], Digital Equipment Corporation, 1990, *op. cit.*, p. 5

4.2 Le Project MAC et ses suites

Après avoir suivi l'intense activité de constitution de réseaux socio-techniques, menée avec succès par Licklider, il faut accorder une place particulière à ce projet de *time-sharing*, dont nous avons plusieurs fois évoqué le nom: le *Project MAC*. Ce projet représente l'un des plus importants projets d'informatique interactive et de *time-sharing* des années 60 et sans doute l'une des pages les plus riches de l'histoire du MIT.
A l'origine, deux personnages que nous connaissons déjà : Licklider et Robert Fano.

4.2.1 Conception, naissance et développement du *Project MAC*

Nous rappellerons ici les conditions et les étapes de son émergence au début des années 60, ainsi que quelques données sur son devenir.

4.2.1.1 D'une discussion informelle au lancement d'un projet

Nous avons pu reconstituer de manière assez précise la genèse du *Project MAC* grâce aux témoignages entrecroisés de Licklider, Fano et Corbato et il nous a paru intéressant de descendre une fois de plus au niveau d'échelle le plus « micro » possible, *i.e.* celui des acteurs eux-mêmes, de leurs décisions et de leurs interactions. Au-delà du caractère anecdotique, le récit des conditions réelles de la conception et du démarrage de ce projet, pendant la dernière semaine de novembre 1962, illustrent à la fois le climat scientifique de l'époque, la rapidité de décision des acteurs et la part, toujours décisive, des interactions individuelles et informelles dans les processus d'innovation.

L'histoire de ce projet commence à la fin novembre 1962, avec le premier congrès des Sciences des Systèmes d'Information à Hot Springs (Virginie), organisé par ces organismes de recherche, déjà rencontrés : *l'ESD / Planning Office* de l'Armée de l'Air et la *MITRE Corporation*, organismes militaires de soutien à la recherche[1].

[1] Ce premier congrès, qui sera suivi de deux autres en 1964 et 1966, fait partie de ce que Anthony Debons et Esther Horne appellent les « *MITRE-ESD congress* », organisés dans le cadre général des recherches sur les Systèmes de *Control and Command.* Le congrès inaugural de 1962, consacré à la définition et à la discussion des fondements théoriques des sciences de l'information émergentes, rassemble alors tous les acteurs (organisations et chercheurs) impliqués dans les recherches avancées en informatique.

Rien de surprenant à y trouver Licklider, qui vient d'être nommé à l'ARPA, et Robert Fano, invité pour ce congrès à présider une session sur la communication. Tous les deux participent à plusieurs sessions sur le concept du jour de « *Command and Control* ». Comme Licklider, Fano considère que les projets en discussion n'ont aucun sens, car ils sont envisagés avec des systèmes de *batch processing*, alors que pour eux, seuls des systèmes de *time-sharing* seraient opérationnels.

Dans le long trajet du retour en train vers Washington, Fano et Licklider ne cessent de discuter de toutes ces questions tournant autour du *time-sharing*, de l'interaction homme-machine, du développement d'une informatique interactive, des projets en cours, etc.. Licklider explique à son collègue ses idées et les projets qu'il envisage de mener à l'IPTO. Les deux hommes prennent conscience notamment de la complémentarité entre les besoins de l'ARPA et les capacités de recherche du MIT. Cette discussion ferroviaire, au cours de laquelle rien n'est décidé formellement, permet de clarifier beaucoup de choses pour Fano : « *Je compris mieux ce qu'il (*Licklider*) avait en tête* ». Comme nous l'avons vu, les projets de Licklider sont très éloignés de la thématique du *« Command and Control* ». La discussion a un grand impact sur Fano ; dès le lendemain, jour férié du *Thanksgiving*[2], il ne cesse d'y réfléchir et décide de se lancer dans l'élaboration d'un projet de *time-sharing*[3]. Il rencontre le vendredi Charlie Townes, alors *Provost* du MIT[4] pour lui parler de cette idée de projet d'informatique interactive ; Townes l'encourage sans lui demander davantage de détails. Fano élabore immédiatement pendant le week-end un mémorandum, qu'il remet le lundi aux différents responsables concernés : le *Provost* Charlie Townes, Peter Elias alors Directeur du Département *d'Electrical Engineering*, Gordon Brown devenu *Dean of School of Engeneering*, Stratton, Président du MIT, Phil Morse, responsable du *Computation Center* et Albert Hill, Directeur du Lincoln Lab. Cette note de deux pages définit les trois objectifs de ce qui deviendra le *Project MAC* : le temps partagé, une communauté d'utilisateurs et la formation. Le projet suscite des réactions mitigées chez certains[5]et des interrogations chez le Président Stratton, qui demande à Fano dans quel endroit du MIT il compte réaliser son projet.

---

[2] Dernier jeudi de novembre et jour férié aux Etats-Unis.

[3] Le récit de cette discussion et de ses suites est raconté en détail par Robert Fano dans : R. FANO, *Interview by Arthur L. Norberg. 20 April 1989. Cambridge, Mass., art. cit.*, p. 7-8

[4] Rappelons que le *provost*, dans une université, est le vice-président académique, immédiatement placé derrière le président et ayant en charge toute la politique interne de l'université.

[5] Notamment chez le *Dean of School of Engeneering*, Gordon Brown, qui parle de la « *Fano's Folly* ».

Le jeudi de cette même semaine arrive au MIT Licklider, venu de Washington pour diverses raisons. Une réunion informelle réunit alors dans le bureau du Président, Robert Fano, Phil Morse, Directeur du *Computation Center* et Licklider. Le projet est vivement soutenu par Licklider, qui « pèse » désormais du poids de l'ARPA, et rapidement approuvé par le Président Stratton, qui décide de lancer l'institut dans l'aventure d'un vaste projet de *time-sharing* financé par l'ARPA.

La décision aura été prise en moins d'une semaine.

A la même période va se tenir une autre réunion importante à la demande de Licklider, qui veut rencontrer cette fois les principaux chercheurs du MIT intéressés par le *time-sharing*. L'objectif annoncé est l'exploration des possibilités de l'institut pour développer un centre de recherche sur l'interaction homme-machine, dans le cadre du projet défini par Robert Fano. A cette réunion assistent les principaux pionniers du *time-sharing* : Teager, Doug Ross, Corbato, Dennis, Fano. Les chercheurs « *débattent furieusement* » face à Licklider (selon l'expression de Corbato) et rejettent ses propositions ; en fait, ils sont toujours très divisés[6] et Fano sort de cette réunion « écoeuré », comprenant que ses collègues ont besoin d'une direction pour pouvoir travailler ensemble.

A la suite de cette pénible réunion, il met sur pied un groupe de travail, chargé d'explorer la possibilité d'obtenir un soutien financier de l'IPTO, que les chercheurs ne peuvent se permettre d'écarter. Le groupe commence à élaborer les différents aspects du projet et Fano écrit lui-même l'introduction.

Dès le début de l'année 1963, Robert Fano, décidé à aller vite, élabore la proposition de financement soumise à l'ARPA et se consacre à l'organisation de la « *Summer study* », demandée par Licklider comme condition du contrat et qui doit se dérouler dès l'été[7]. Le *Project MAC* est lancé.

Comment Robert Fano a-t-il réussi à convaincre ses collègues ?

---

[6] Corbato décrit ainsi cette réunion : « *We sounded like a pack of dogs going in all directions. It was really a disgraceful...* » (In F. CORBATO, *art. cit*., p. 14). Rappelons que cette réunion survient après les dissenssions de l'année 62 du « *Long Range Computation Study Group* » (voir la section 3.3.5.1 : « Les controverses internes... »), le départ dans l'amertume de McCarthy, les tensions entre Teager et Corbato, etc..

[7] Le projet nécessitant de gros moyens informatiques, il est prévu de l'implanter dans les deux derniers étages d'un immeuble proche du MIT, loués à l'institut par une société. Fano va devoir ainsi régler quelques difficultés juridiques pour l'élaboration du contrat, portant sur la question de la propriété de l'immeuble prévu pour le projet. Il doit négocier également pied à pied avec l'architecte pour contenir les coûts et éviter le report du projet. Avec son associé, Oliver Selfridge, ils travaillent donc d'arrache-pied pour être prêts à temps à la fin juin, date prévue pour le lancement de la « summer study ».

4.2.1.2 L'intéressement et l'enrôlement réussi des pionniers du time-sharing

L'évocation des tout premiers pas d'une innovation peut conduire parfois à se poser la question philosophique la plus classique qui soit : pourquoi y-a-t-il quelque chose plutôt que rien ?

Devant la première réaction hostile des chercheurs aux propositions de Fano et Licklider, lors de la réunion houleuse de décembre 62, on peut se poser en effet deux questions symétriques :

- pourquoi des chercheurs, tous partisans du *time-sharing*, refusent-ils un projet paraissant intéressant et conforme à leurs orientations ? L'innovation ne serait-elle pas bonne en soi et surtout bonne à prendre à tout moment ? Selon une optique « diffusionniste », l'attitude de ces chercheurs serait à mettre sur le compte des forces d'inertie ou du conservatisme.
- mais l'on peut aussi poser la question inverse, probablement plus pertinente : pour quelles raisons les chercheurs se lanceraient-ils dans un nouveau projet ? Que peut leur apporter celui-ci ?

Cette « micro-histoire » nous paraît emblématique des mécanismes complexes de l'innovation et apporte une confirmation concrète de certains aspects de la sociologie de la traduction.

Comme nous l'avons plusieurs fois évoqué, l'une des caractéristiques importantes du petit réseau du MIT autour du *time-sharing* se trouve être, au début des années 60, la division des chercheurs.

Mais ce ne sont pas seulement des divergences techniques ou des incompatibilités personnelles qui séparent ce petit groupe de pionniers, tous partisans du même type de système d'exploitation. S'ils sont aussi divisés, c'est en fait parce qu'ils sont éclatés dans différents laboratoires : Doug Ross travaille pour l'*Electronics Systems Lab*, Corbato et Teager sont au *Computation Center*, McCarthy[8]émargeait à la fois à l'EECS (*Electrical Engineering Computer Science*) et au *Computation Center*, Minsky[9] est au *Department of Mathematics*, au RLE et parfois au *Computation Center*. Quant à Fano, il est au RLE (*Research Laboratory for Electronics*).

Or nous avons déjà noté, à propos de l'organisation du MIT, qu'un chercheur doit être membre d'un département et d'un laboratoire, mais ne peut (ou ne doit ?) pas appartenir à plusieurs labos à la fois[10] : la fidélité et la loyauté à un seul laboratoire est encouragée. Bien que les chercheurs potentiellement intéressés par le projet de Fano soient assez nombreux et diversifiés, ils sont sans unité administrative. Et Corbato, dans son témoignage, rappelle deux raisons assez « naturelles »

---

[8] Qui vient de quitter le MIT pour Stanford.

[9] Minsky, l'un des pionniers de l'Intelligence Artificielle, semble jouer ici un rôle secondaire mais il est quand même intéressé par le *time-sharing*.

[10] Cette règle implicite n'est cependant pas absolue puisque certains chercheurs travaillent parfois dans deux laboratoires.

pouvant expliquer les réticences des chercheurs, y compris les siennes, devant l'idée d'un projet commun :

- d'une part, il leur faut de sérieux avantages en retour pour que le travail en équipe en vaille la peine ;
- et d'autre part, le rassemblement des chercheurs dans une nouvelle organisation risque de provoquer des perturbations pour chacun dans son propre laboratoire.

Fernando Corbato fournit là une illustration tout à fait concrète de la théorie de « l'intéressement » de Latour et Callon. Que dit-il d'autre, en effet, sinon cette donnée de base de la sociologie de la traduction selon laquelle des chercheurs, pour participer à un nouveau projet collectif, doivent en attendre quelque chose de plus (« intéressement » au sens traditionnel, même s'il ne s'agit pas forcément de retombées individuelles et financières) et surtout doivent accepter d'être « détournés » de leur propre organisation ou de leurs objectifs[11].

Le *Project MAC* est bien une traduction réussie puisque, en proposant un détournement des chercheurs, il les obligera non à quitter leur organisation, mais à réorganiser leur réseau. Mais pour y arriver, il faudra un important travail « d'intéressement et d'enrôlement » de la part de Fano et Licklider, un contexte favorable et des retombées prévisibles importantes.

Le rôle de Licklider va s'avérer une fois de plus décisif dans la phase de lancement du projet : non seulement c'est lui qui en soumet l'idée à Fano, mais il intervient fortement pour l'appuyer d'abord auprès de la direction du MIT, rapidement convaincue, puis auprès des chercheurs plus réticents. Et « Lick », comme on l'appelle familièrement, est très apprécié des chercheurs qui considèrent que « *ce n'était pas un bureaucrate typique* », comme le dit Corbato. Son poids personnel va donc compter.

Mais il ne suffit pas à « détourner » un chercheur de son laboratoire.

La clé du succès de l'opération est sans doute à chercher dans la tactique d'intéressement adoptée par Fano et dans son idée de « projet ». Compte tenu de l'obligation pour les chercheurs du MIT d'appartenir à un seul laboratoire, Fano ne peut pas lancer son idée dans un seul laboratoire ni en créer un autre. D'où l'idée de « projet » transversal, reposant sur une collaboration de différents chercheurs et de différents laboratoires. Autrement dit, les chercheurs concernés ne sont pas obligés de quitter leur propre réseau : la participation au *Project MAC* ne demande pas de sacrifice. La tâche de Fano consistera à « *fournir un centre d'intérêt, un financement et une organisation* » : cette tactique mise au point dès le début va s'avérer fructueuse.

---

[11] Nous retrouverons presque le même cas de figure lors du lancement d'ARPANET.

Le *Project MAC* est un projet de travail en commun, un effort collectif, même si le projet concerne au départ assez peu de personnes.

La deuxième raison du succès est également déterminante à moyen terme. Le *Project MAC* recevra un financement important de l'ARPA (3 millions de dollars au début), ce qui constitue une puissante raison de mobilisation des autres chercheurs. Comme l'indique Fano, « *travailler avec le Project MAC était une source d'argent* », bien que les autres laboratoires soient déjà généreusement financés par différentes sources[12]. Par la suite, le financement du *Project MAC* sera intéressant pour obtenir des équipements informatiques, rares et chers à l'époque et donnera l'occasion de remplacer les services traditionnels de *batch processing*, alors en vigueur au MIT.

Enfin, si le *Project MAC* a pu démarrer aussi rapidement au MIT, c'est pour les deux raisons « de fond » suivantes, évoquées par Corbato :

- le projet ne part pas de rien : de nombreux travaux existent depuis plusieurs années au MIT et le CTSS de Corbato arrive en 1963 à une version beaucoup plus perfectionnée que celle du prototype ;
- les gens concernés par le projet sont tous impliqués dans l'informatique depuis longtemps déjà.

« *Aussi la division était-elle trompeuse pour l'extérieur..* », conclue Corbato[13].

4.2.1.3 Une « Summer Study » comme rampe de lancement

Que signifie au juste le nom du projet ? Plusieurs interprétations s'opposent. Birrien[14] indique que *MAC* signifierait *Multiple Access Computer* (Ordinateur à Accès Multiple), mais cette explication ne semble pas la première retenue par les sources américaines (Hauben, Lee), pour lesquelles *MAC* serait plutôt un acronyme ayant eu, dès l'origine, plusieurs significations possibles[15] :

- *Machine Aided Cognition* **:** signification la plus couramment admise et qui correspond à la problématique générale de Licklider et Fano ;
- *Man And Computer*

mais aussi une interprétation « humaine » plus savoureuse : *Minsky Against Corbato* !

---

[12] Une recherche du *Computation Center* est financée par la NSF et l'ONR, *l'Electronic System Laboratory* est financé par l'AFOSR pour un travail sur la « *Computer Aided Design* » (Conception Assistée par Ordinateur).

[13] F. CORBATO, *Interview by Arthur L. Norberg. 18 April 1989, 14 November 1990, art. cit.*, p. 14

[14] J.Y. BIRRIEN, *Histoire de l'informatique*, PUF, 1992, p. 72

[15] Explications recensées par Peter Elias, dans le 25ème Anniversary *Project MAC* Time Line.

Ce projet au nom polysémique, qui vise la création d'un service informatique en temps partagé et interactif, va pouvoir commencer dans les délais prévus. Le 1er juillet 1963 en effet voit à la fois la signature du contrat entre l'ARPA et le MIT, consacrant le lancement officiel du *Project MAC*, et l'ouverture de la « *Summer Study* » qui lui est consacrée. Il s'agit alors de réunir des chercheurs de différentes universités et entreprises pour engager des réflexions et des travaux communs sur le *time-sharing*.

Pour Corbato, désormais fortement impliqué dans le projet aux côtés de Robert Fano, les objectifs de cette *Summer Study* sont de deux ordres : attirer une équipe de haute qualité au MIT autour du projet et diffuser l'idée d'un changement nécessaire dans l'industrie informatique, pour inciter les vendeurs et les fabricants à évoluer vers le *time-sharing.* Autrement dit, intéresser et enrôler plusieurs alliés autour du projet prévu et essayer de détourner les partenaires extérieurs vers les objectifs affichés. Il s'agit bien d'un véritable dispositif d'intéressement d'acteurs et d'intermédiaires de toutes sortes.

Qui sont les participants à la *Summer study* du *Project MAC* ? Robert Fano en donne la liste suivante, particulièrement significative :

- la plupart des chercheurs du MIT concernés par le *time-sharing* : Doug Ross, Jack Dennis, Corbato, Phil Morse[16] ;
- de nombreux chercheurs du Lincoln Lab*oratory ;*
- des chercheurs d'autres universités : McCarthy (alors à Stanford, il revient au MIT pour l'occasion), Al Perlis, des chercheurs de Carnegie Mellon, Dave Evans, etc.[17] ;
- la plupart des entreprises informatiques sont également invitées à participer à plusieurs réunions et conférences : IBM, DEC, Xerox, General Electric (représentée par Joe Weizenbaum), Burroughs (Ted Glazer) ; curieusement, BBN n'est pas mentionnée par Fano mais doit sûrement être présente ;
- des représentants des différentes agences gouvernementales de recherche (ONR, NSF, AFOSR et, bien sûr, ARPA avec Licklider).

En bref, la majeure partie du « who's who » de l'informatique américaine se retrouve ainsi au MIT pendant cet été 63.

---

[16] Ces chercheurs du MIT reprennent à leur compte les objectifs implicites de la *Summer Study* (convaincre les opposants au *time-sharing*) et invitent eux-mêmes certains collègues extérieurs : Phil Morse fait venir ainsi Maurice Wilkes, un chercheur très réservé sur le *time-sharing,* qui deviendra, après cet été 63, l'un des plus chauds partisans de cette nouvelle forme d'informatique.

[17] Notons que tous ces noms figurent déjà (ou vont figurer bientôt) parmi les *ARPA's Contractors,* recrutés par Licklider.

Comment les choses se déroulent-elles lors de cette université d'été ? Là encore prédomine le caractère informel et souple, si caractéristique de la recherche informatique de l'époque : le travail se fait en petits groupes, de nombreuses discussions agitent les chercheurs ; chacun doit néanmoins rédiger un bref rapport sur ses travaux et le présenter oralement, lors des nombreuses réunions qui se succèdent[18]. Mais il n'y a pas de « thème » obligé de discussion, ni même de véritable ordre du jour ou de programme.

L'un des objets de la *Summer study* est l'exploration et l'évaluation des systèmes de *time-sharing* existant alors. Le *Project MAC* n'a pas encore d'installation en propre et les chercheurs ont à leur disposition deux systèmes de *time-sharing* :

- celui de SDC situé à Santa Monica et accessible par des lignes téléphoniques ;
- le CTSS de Corbato, qui fait la preuve de sa supériorité d'utilisation sur le système de SDC. En effet, le CTSS fonctionne avec une unité de disque venant juste d'être installée, alors que le système de SDC marche encore avec des bandes magnétiques. CTSS va se révéler beaucoup plus rapide et rencontre un grand succès auprès des nombreux participants à la *Summer Study* : entre 100 et 200 personnes testent ainsi le système de Corbato[19].

Quels sont les résultats de cette Université d'été consacrée au *time-sharing* ? Contrairement à ce qui a été initialement prévu, il n'y aura pas de rapport final et la *Summer study* ne débouche pas sur des recommandations précises, ni sur des conclusions formalisables. Selon Fano, l'apport principal va consister surtout en deux choses : l'émergence d'une communauté de chercheurs, d'un réseau de personnes ayant appris à se connaître et l'exploration des systèmes de *time-sharing* comme ciment de cette communauté.

La « Summer study » de l'été 63 est ainsi un moment fort dans l'émergence du réseau alors en construction des « ARPA's Contractors », qui réalisera plus tard ARPANET.

4.2.1.4 Le CTSS comme support technique du Project MAC, Corbato nouvel « allié » de Licklider

Nous avons vu que le *Project MAC* est loin de survenir sur un terrain vierge au MIT et tous les travaux pionniers, présentés plus haut, lui ont ouvert la voie. Mais le projet de Fano va

---

[18] Ainsi le 8 juillet Corbato présente-t-il un court memorandum sur les différents problèmes posés par les systèmes de *time-sharing* et recense treize domaines, détaillés avec précision.

[19] L'utilisation conjointe et la comparaison de ces deux systèmes différents font prendre conscience à Fano et aux chercheurs du MIT de deux conditions techniques essentielles pour la mise en oeuvre d'un système efficace de *time-sharing* : l'importance de l'unité de disque, *i.e.* le disque dur, dont dispose l'IBM 1301, récemment arrivé au MIT et la supériorité écrasante du transistor sur les tubes à vide.

incontestablement jouer un rôle d'impulsion, d'accélérateur des travaux existants et conférer au *time-sharing* une grande popularité et un essor rapide au MIT.

Corbato sera le premier bénéficiaire du *Project MAC*, puisqu'il apprend, dès le début de cet été 63, qu'il peut financer le développement de *CTSS* dans le cadre du projet de R. Fano. *CTSS* devient alors partie intégrante du *Project MAC* et, en quelque sorte, son principal support technique, notamment pendant le moment crucial de la *Summer study*.

Dès le départ, les moyens affluent sur le MIT pour ce nouveau projet : ainsi, dès la mi-octobre, un deuxième ordinateur en temps partagé est disponible pour le *Project Mac* et est opérationnel en moins d'une semaine.

Bénéficiant de moyens accrus, ayant déjà dépassé ses premières limites techniques avec l'utilisation de l'IBM à transistors 7090, CTSS est désormais adopté par ses nombreux utilisateurs du MIT.

Quant à Corbato et son équipe, ils travaillent désormais en étroite collaboration avec Fano et Licklider.

Le jeune Directeur associé du *Computation Center* a commencé à entendre parler de Licklider par l'intermédiaire de McCarthy, au moment des travaux sur le *time-sharing* chez BBN. McCarthy lui a alors fait lire l'article sur la Symbiose homme-machine, mais Corbato, informé de l'enthousiasme de Licklider pour le PDP-1 et le *time-sharing*, n'a pas encore de contact direct avec lui au début des années 60[20].

A partir de 1963, les relations seront plus étroites entre les deux pionniers du *time-sharing*, puisque Fernando Corbato devient rapidement, dans le cadre du *Project MAC*, un PI (*Principal Investigator*) de l'IPTO et reçoit un financement pour le CTSS. Il est sollicité également à deux reprises par l'ARPA/IPTO comme consultant[21].

En bref, à partir du lancement du *Project MAC* dont il est l'un des principaux protagonistes, Corbato devient un allié précieux de Licklider, même s'il n'est pas toujours aussi « aligné » que celui-ci l'aurait souhaité sur ses positions.

---

[20] Il semble que le premier véritable contact ait lieu à la fin 1962 lorsque Licklider, alors dirigeant de l'IPTO, vient au MIT pour voir comment les travaux de Corbato peuvent aider l'ARPA dans le *time-sharing* et l'exploration des interactions homme-machine. Corbato cite également la réunion houleuse de la fin 62 entre Licklider et les principaux chercheurs du MIT.

[21] Rappelons notamment la réunion organisée par Licklider visant à convaincre la SDC de se lancer dans le *time-sharing*, à laquelle participe Corbato. On retrouvera plus tard les deux hommes à la conférence de novembre 1964, lors de cette autre « discussion-événement » avec Larry Roberts (voir la section 4.4.1.2 : « Larry Roberts... »).

4.2.1.5 Un cadre de recherche spécifique : le MAC Laboratory

Au plan organisationnel, le *Project MAC* est lancé et réalisé d'abord à l'intérieur du Département d'Ingénierie Electrique (*Department of Electrical Engineering*), vraisemblablement au sein du *Computation Center*. Mais devant le succès et l'ampleur du projet, un cadre de recherche spécifique lui sera accordé en 1967 ; le projet accède alors à une large autonomie au sein du MIT avec la création d'un laboratoire interdépartemental et interdisciplinaire : le *MAC Laboratory*. Fano, qui dirige le projet depuis 1963, restera le directeur de ce nouveau laboratoire jusqu'en 1968.

Ainsi, à partir de 1967, le *Project MAC* est devenu un « acteur » à part entière au sein du MIT[22]. Certains noms de personnes qui dirigeront ce laboratoire sont intéressants à mentionner, car ils témoignent de l'existence du réseau créé autour du *time-sharing* et de la circulation intense de ses acteurs. Ainsi deux figures du *time-sharing* succèderont à Robert Fano à la tête du *Mac Laboratory* : tout d'abord Licklider qui, après son passage à l'ARPA, revient, probablement vers la fin 64, sur son premier lieu de recherche pour participer directement au projet ; il prendra ensuite la direction du *Mac Laboratory* de 1968 à 1971 et sera remplacé par Edward Fredkin, son ex-collègue de BBN, qui dirigera le laboratoire de 1971 à 1974.
Si l'on déroule cette chronologie du laboratoire consacré au *Project MAC*, l'on trouve un dernier nom, celui de Michael Dertouzos, qui remplace Fredkin en 1974 et assure toujours la direction, battant ainsi le record de longévité. Mais le laboratoire ne restera pas immuable et connaîtra deux transformations majeures. En 1976, sous l'impulsion de Michael Dertouzos, il change de nom pour devenir le *LCS* (*Laboratory for Computer Science)***,** son nom actuel[23].

Ce fil du *Project MAC*, déroulé rapidement jusqu'à nos jours, atteste de la longévité, de l'ampleur et du riche devenir de ce projet d'informatique interactive, dont une vision anecdotique de l'histoire se plaira peut-être à situer la conception dans un wagon de train roulant vers Washington, une nuit de novembre 1962.

---

[22] On observera qu'à la différence d'Engelbart, qui a d'abord créé un cadre pour commencer ses recherches, le laboratoire de Fano, créé lui aussi autour d'une idée, viendra encadrer des recherches déjà existantes.

[23] Ce changement de nom traduit en fait un changement d'orientation, car le programme de recherche du LCS s'élargit à d'autres domaines que les systèmes de *time-sharing* et à d'autres sponsors : il travaille désormais dans divers programmes de recherche financés par plusieurs entreprises privées et plusieurs agences gouvernementales. Par ailleurs, le laboratoire est réorganisé (toujours en 1976) en plusieurs divisions administratives et plusieurs groupes de recherche séparés, reliés au sein de cette même structure. Enfin en 1981, tout en restant un laboratoire interdisciplinaire, le LCS retourne dans le giron de la *School of Engineering* et son directeur (toujours Dertouzos) doit rendre compte de ses activités directement au Doyen de la *School of Engineering*.

4.2.2 Un projet global, matrice de plusieurs innovations

Quelle est la nature précise du *Project MAC* et en quoi se distingue-t-il des autres projets de *time-sharing*, que nous avons déjà présentés ?

4.2.2.1 Un projet « socio-technique »

Dans une autre interview donnée en 1988, Fano revient sur les particularités et les objectifs du projet et nous en livre une des clés. Après avoir rappelé que Licklider voulait le développement d'une informatique interactive, dont le *time-sharing* n'est que l'outil, il précise :

> *« one was the « tool » the other the « goal ». This is where the name MAC came from. There was a goal and there was a tool - the tool that was most appropriate at that time »*[24].

Expliquant que la vision des pionniers, comme J. McCarthy et plus tard Licklider, a permis de voir ce que l'on pouvait attendre de la réalisation d'un service informatique en temps partagé, il rappelle qu'un tel service n'existe pas encore en 1962[25].

Ce commentaire de Robert Fano nous éclaire mieux sur ce qui semble la caractéristique essentielle du *Project MAC* : un projet global, intégrant des projets techniques existants (comme le CTSS), visant à capitaliser toutes les initiatives, les moyens financiers et matériels, les énergies des chercheurs, en vue de développer un vrai service collectif d'informatique interactive. Rien d'étonnant alors à voir l'impulsion immédiate qui est donnée au projet de Corbato et qui permettra le « décollage » de CTSS au MIT.

L'objectif du *Project Mac* n'est donc pas seulement technique mais social : en cherchant à « *rendre l'ordinateur accessible aux utilisateurs de n'importe quel endroit* »[26] (du MIT), il s'agit à la fois d'un projet technique de réseau d'ordinateurs et d'un projet de développement des pratiques d'échanges entre chercheurs et étudiants. De manière très explicite dans l'esprit de ses concepteurs, la finalité du *Project MAC* est la création de ces premières « communautés en ligne », théorisées plus tard par Licklider.

---

[24] The *Project MAC* Interviews, *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 14, n° 2, 1992, p. 26 (cité dans M. et R. HAUBEN, *Netizens, op. cit.*, p. 94). Le numéro de cette revue publie une série d'interviews, menés en octobre 1988 par John Lee et Robert Rosin, auprès de Fernando Corbato, Robert Fano, Martin Greenberger, Joseph Licklider, Douglas Ross et Allan Scherr.

[25] « *It didn't exist then. It didn' exist until the time of Project MAC because it was just that year that Corby (*Corbato*) finished the model that really could serve a community. It didn't exist before.* ». M. et R. HAUBEN, *Netizens, op. cit.*, p. 94

[26] *Ibid.*, p. 87

L'idée des deux inspirateurs du projet est de permettre aux chercheurs et aux étudiants, membres de cette « communauté en ligne », d'apprendre à utiliser de nouveaux outils pour résoudre les différents problèmes qu'ils rencontrent dans leurs recherches ou leurs travaux.

Robert Fano, témoignant de l'émergence de ces nouvelles pratiques de collaboration et de communication *via* l'ordinateur nées autour du *Project MAC*, évoque de façon très simple les conséquences humaines directes de ce nouveau système de communication :

> *« friendships being born out of using somebody else's program, people communicating through the system and then meeting by accident and say « Oh, that's you ». All sorts of things.* ***It was a nonreproducible community phenomenon****. »*[27] *(c'est nous qui soulignons).*

Le phénomène de la communication à distance par ordinateurs, préalable ou renfort des interactions directes, est sans doute né à ce moment-là, au sein de la communauté des chercheurs et des étudiants du MIT. Ainsi est-ce le *Project MAC* qui fournit sans doute le premier exemple de ces communautés nouvelles nées autour de l'ordinateur, promu outil de communication, bien avant les forums et les listes de diffusion.

4.2.2.2 Le Project MAC : matrice de projets au MIT

Projet « socio-technique » visant à faciliter le travail collectif, le partage des informations, etc., le *Project MAC* est aussi à l'origine, directe ou indirecte, de plusieurs autres projets liés à l'informatique et qui marqueront fortement le MIT, comme *Multics* ou le *Project INTREX*.

Sous réserve d'approfondissement[28], le projet *Multics*, qui va impliquer quelques autres pionniers du *time-sharing* comme Jack Dennis ou Robert Fano, peut être considéré comme une nouvelle « traduction » du *Project MAC* et de l'émergence du *time-sharing*. Il nous a paru intéressant de présenter rapidement le deuxième projet avec lequel nous retrouvons la lignée proprement documentaire, qui ressurgit à plusieurs reprises dans le long processus d'émergence d'ARPANET.

4.2.2.2.1 Le projet INTREX

---

[27] *Ibid*., p. 88

[28] *Multics*, initié et animé par Fernando Corbato, se situe dans la stricte continuation des précédents projets et semble prendre la suite de CTSS. Sans détailler ce nouveau projet, que nous n'avons pas étudié, notons seulement que *Multics*, commencé vers 1964-65, durera jusqu'au milieu des années 70 ; il est mené en contrat avec l'entreprise *General Electric* (GE) et consacrerait le retrait d'IBM du MIT. Au plan strictement technique, *Multics*, qui porte sur un nouveau système d'exploitation fondé sur le *time-sharing*, jettera les bases du futur système *Unix*, développé dans la foulée par les laboratoires Bell. Il s'agit donc d'un projet informatique tout à fait essentiel, qui consacrera par ailleurs Fernando Corbato comme l'un des grands informaticiens du MIT et de l'informatique américaine (Corbato recevra ainsi en 1991 le *Alan Turing Award*, l'une des plus hautes distinctions scientifiques en informatique).

En filant la métaphore botanique, nous pourrions suggérer que, là où *Multics* peut être considéré comme un véritable surgeon du *Project MAC* né directement de lui, le projet INTREX, lui, tiendrait davantage de la bouture.

Le projet INTREX apparaît dans le contexte des premiers travaux sur l'informatique documentaire[29]. Alors que Licklider a ouvert la voie aux recherches sur le texte intégral[30], d'autres chercheurs font avancer l'informatique documentaire, comme ce chercheur du MIT, Kessler, qui met au point vers 1964-65 un index interactif de citations pour la littérature scientifique en physique, à partir du système de l'ordinateur en *time-sharing* du *Project MAC*. Et il semble que ce soit par ce chercheur que va être entreprise la première opération de « bouturage » documentaire, menant au projet INTREX.

Qu'est-ce que ce projet ? INTREX est un acronyme signifiant *INformation TRansfer EXperiments*. Il s'agit d'un système expérimental de stockage et de recherche de l'information, né au sein de la bibliothèque du MIT dans la foulée du *Project MAC*.

En fait, le projet INTREX est l'une des premières applications documentaires du *time-sharing*.

Selon ses promoteurs Carl Overhage et Francis Reintjes, « *le succès grandissant, dans la communauté universitaire, des services d'informatique interactive en time-sharing a montré que des techniques similaires pouvaient être mises en oeuvre pour résoudre la crise des bibliothèques*. »[31]. Les bibliothécaires et documentalistes américains, à la recherche de progrès dans le stockage et la recherche de l'information technique grâce aux nouvelles techniques de transmission et de traitement des données par ordinateur, vont en effet s'intéresser de très près aux potentialités nées du *time-sharing*.

Mais la question de l'automatisation des bibliothèques n'intéresse pas que les bibliothécaires. Ainsi, dans le cadre du développement du *Project MAC* vers 1963-65, plusieurs chercheurs et ingénieurs commencent à réfléchir aux possibilités offertes pour l'accès à distance aux ressources des bibliothèques de l'institut. La problématique de la consultation à distance des catalogues de bibliothèques, par l'intermédiaire de terminaux situés à l'institut, voire au-delà, commence à prendre forme à cette époque. Un constat général est fait néanmoins sur

---

[29] Notamment les travaux de Luhn dans les années 50, l'apparition des premières banques de données, les premières études en 1961-62 menées à la *Library of Congress* sur les usages potentiels de l'ordinateur dans les opérations bibliographiques. Le projet a été également précédé par les propositions du programme expérimental centré sur l'étude des interactions hommes-machines, faites par Licklider en 1961 (voir section 3.4.1.2 : « La prémonition des bibliothèques virtuelles... »).

[30] Licklider, dans son étude menée pour le *Council of Libraries*, suggère notamment des formes avancées de traitement des données, dans lesquelles les concepts et les idées, plutôt que les références des documents, pourraient être échangées dans un dialogue entre le système d'information et son utilisateur.

[31] C. OVERHAGE, F. REINTJES, « Project Intrex : A General Review », in *Information Storage And Retrieval*, vol. 10, n° 5/6, 1974, p. 157

l'insuffisance des techniques du moment et sur la nécessité de faire précéder un tel système d'information par une série d'expérimentations, menées « *non seulement sur les aspects techniques d'un tel système, mais plus particulièrement sur les interactions en temps réel entre un tel système et ses utilisateurs*. »[32].

En août 1965, lors d'une conférence parrainée par la *Independance Foundation*, est présentée la première formulation de ce plan expérimental, baptisé *Project Intrex*. L'auditoire se compose de deux parties : d'une part des membres du MIT (bibliothécaires, documentalistes, ingénieurs, scientifiques) et d'autre part des personnes extérieures, représentant divers domaines (architecture, linguistique, mathématiques, philosophie, publicité). Le plan expérimental détaille deux premières étapes pour le projet :

- d'abord des expérimentations sur un catalogue « augmenté », établi comme une base de données numériques sur un ordinateur en ligne. L'enrichissement du catalogue porte sur le contenu, la profondeur et la connectivité ;
- la deuxième étape recommandée par la conférence est un ensemble d'expérimentations d'accès au plein texte, utilisant diverses techniques pour délivrer ou afficher aux usagers le texte intégral des documents, identifiés par le catalogue « augmenté » de recherche.

Ainsi Carl Overhage, l'un des responsables de la bibliothèque de l'institut, va-t-il initier le premier projet d'informatisation de bibliothèque. Plus qu'un projet technique précis, INTREX est en fait un vaste programme d'expérimentations de transfert de l'information (comme l'indique son nom : *INformation TRansfer Experiments*), pour savoir comment les bibliothèques peuvent fournir un meilleur accès à l'information technique[33]. Animé par un groupe d'étudiants, de chercheurs et de responsables du MIT, ce programme durera de 1965 à 1973. Entrepris dans la *School of Engineering* du MIT, le travail de recherche et développement sera réalisé essentiellement à *l'Electronic Systems Laboratory* (laboratoire du Département d'Electrical Engineering) par un chercheur confirmé en informatique, Frank Reintjes.

---

[32] *Ibid*., p. 158

[33] Le système est fondé sur la combinaison d'un catalogue enrichi, mis en mémoire sur un ordinateur en ligne et d'un stockage de plein texte sur microfiche. L'accès au plein texte à distance est possible par l'utilisation d'un système de stockage et de recherche automatique de fiche, contrôlé par ordinateur. Au plan documentaire, le domaine scientifique concerné est celui des sciences des matériaux et de l'ingénieur, ce qui implique la participation active de cinq groupes de recherche dans ces domaines scientifiques. Le type de littérature accessible est uniquement une littérature périodique, sous forme d'articles constituant une base de données ; celle-ci comprend les articles publiés dans une période de cinq ans, entre 1967 et 1971. A la fin des 5 ans, elle comprendra un total de 20 000 articles. En plus du catalogue « enrichi » de ces articles, accessible à distance par terminal, le texte intégral de chaque article est donc stocké sur micro-fiches. Au plan technique, le projet INTREX est mis en oeuvre sur un ensemble de matériels, dont un ordinateur central IBM 7094, modifié pour le *time-sharing*, qui peut recevoir simultanément et en « temps réel » environ 30 utilisateurs en ligne.

Au-delà des vicissitudes techniques ou organisationnelles qui paraissent avoir marqué ce projet[34], notons pour conclure que le projet INTREX représente une étape majeure dans la longue histoire de l'informatisation documentaire. Par ailleurs, il est intéressant de souligner le lien direct avec l'émergence du *time-sharing* et au-delà d'ARPANET, comme nouvel exemple de cet enchevêtrement de lignées socio-techniques, hétérogènes et constitutives de la naissance du futur réseau des réseaux.

4.2.3 Quel bilan du *Project MAC* ?

Il est difficile de faire le bilan d'un projet aussi important, qui a duré aussi longtemps et mobilisé autant de monde. Pour bien saisir l'importance que va prendre le *Project MAC* dans le processus d'émergence de l'informatique interactive et d'ARPANET, il faut se rappeler la situation existant au MIT et dans les cercles étroits de la recherche informatique au début des années 60, situation que nous avons tenté de décrire dans le passage sur l'état des forces en 1962. Nous y avions laissé un mouvement de recherche sur le *time-sharing* divisé et fragile, mais à un stade pas très éloigné de celui de l'« acteur-réseau ». Et nous avancions l'idée que ce passage, cette nouvelle traduction allait être celle du *Project MAC*.

Cette opération de traduction dans l'émergence du *time-sharing*, concernant à la fois la réorganisation des réseaux existants et la redéfinition d'une nouvelle réalité, va transformer deux mondes :

- celui de la communauté des chercheurs en informatique du MIT, qui ne sera plus le même qu'avant 1963 ; au-delà des informaticiens, une bonne partie de l'institut sera également transformée, notamment la bibliothèque et les pratiques documentaires ;
- le monde du *time-sharing* proprement dit, dont le *Project MAC* va assurer le succès définitif au MIT ; au-delà de l'institut, ce sera l'informatique en général qui sera (partiellement) modifiée.

---

[34] Ainsi Corbato porte-t-il un regard très critique sur Carl Overhage et son projet. Il considère par exemple que « *le projet ne marchait pas bien car il n'avait pas l'infrastructure nécessaire* ». Et si le Projet Intrex n'a pas été un « *échec complet* », il n'a pas été non plus « *un succès fou* ». (F. CORBATO, *art.cit*., p. 14). Si le projet INTREX a été un semi-échec, selon son sévère jugement, c'est parce qu'il ne disposait pas de plate-forme de matériel spécifique pour travailler et surtout parce qu'il n'y avait pas beaucoup de monde pour travailler sur le projet, hormis Reintjes. Corbato confie d'ailleurs que c'est le recrutement de Frank Reintges qui aurait évité l'abandon du projet. Si l'on en croit Corbato, le semi-échec du *Project INTREX* aurait été dû au fait que Carl Overhage n'aurait pas réussi à intéresser et mobiliser autour de son projet le matériel et les personnes nécessaires. Notons cependant que Overhage réussira à faire financer son projet par plusieurs organisations, comme la *Carnegie Corporation*, le *Council on Library Resources*, le Pentagone (peut-être par l'intermédiaire de l'ARPA) et la *National Science Foundation*.

Structuration technique de la (micro) société du MIT, construction sociale de la technique du time-sharing : le bilan du *Project MAC* peut être décrypté à travers ces deux grandes lignes de force.

4.2.3.1 Quel bilan immédiat ?

Le *Project MAC* a-t-il rempli tous ses objectifs ? Pour y répondre, nous relèverons d'abord les différentes appréciation portées par les acteurs eux-mêmes. Les analyses de Fano et de Corbato traduisent par exemple, sans s'opposer vraiment, les positions et les objectifs spécifiques de l'un et l'autre par rapport au projet.

Ainsi selon Robert Fano, inspirateur et organisateur du projet, l'un des principaux objectifs du *Project MAC* n'a pas été atteint : celui de rendre l'ordinateur accessible de n'importe quel endroit du MIT. Fano explique que si le système a très bien marché pour la petite communauté de gens qui l'utilisaient directement (sans doute dans le cadre du *Computation Center*), son utilisation à distance est restée un échec. En revanche, l'objectif « social » - à savoir la création d'une communauté en ligne, le développement des contacts entre chercheurs, le travail en équipe, etc. - semble avoir été assez bien réalisé, même à petite échelle.

Corbato, quant à lui, met l'accent sur le succès « technique » de CTSS. Il est conforté sur ce point par Greenberger, lui-même chercheur au MIT à cette époque[35]. Tous deux insistent, pour expliquer le succès global du *Project MAC*, sur l'aspect le plus important du support technique du projet : sa qualité de système ouvert. CTSS donne la possibilité pour chacun de modeler son système plutôt que d'être contraint par quelqu'un d'autre[36]. Corbato rappelle une seconde qualité, en plus de l'ouverture et de la souplesse de son système, qui explique également son succès : la relative simplicité du système, lui permettant d'être expliqué facilement[37].

On ne sera pas surpris de voir deux des principaux acteurs, représentant les deux aspects distincts mais complémentaires du projet (aspect plutôt « social » pour Fano et plutôt « technique » pour Corbato), mettre en valeur la réussite de leur propre problématisation.

---

[35] Il a été l'un des organisateurs de la Conférence du Centenaire et a également participé au *Project MAC*.

[36] Selon Greenberger, « *CTSS was an open system. It challenged the user to design his own subsystem, no matter what discipline he came from, no matter what his research interests.* » (M. et R. HAUBEN, *Netizens, op. cit.*, p. 87)

[37] Corbato : « *Two aspects strike me as being important. One is the kind of open system quality, which allowed everyone to make the system kind of their thing rather than what somebody else imposed on them. (...) And the other thing, I think, we deliberately kept the system model relatively unsophisticated (maybe that's the wrong word - uncomplicated), so we could explain it easily.* » (M. et R. HAUBEN, *Netizens, op. cit.*, p. 88)

Au final, le bilan à court terme apparaît nuancé et pourrait se résumer ainsi : un succès « social » et un (semi)-échec technique. Si la réalisation de l'objectif technique de partage de l'ordinateur, indépendamment de sa localisation, *i.e.* l'aspect réseau du projet semble avoir été manquée en raison de l'insuffisance des techniques du moment, il faut noter l'avancée technique (ou « socio-technique ») que représente la mise au point d'un système de *time-sharing* ouvert, simple et évolutif et surtout le plein succès dans la création d'une première communauté en ligne.

4.2.3.2 Le Project MAC *comme unificateur de la communauté informatique*

L'un des résultats du *Project MAC* est incontestablement le rapprochement des deux communautés distinctes, existant alors autour de l'informatique : la communauté des utilisateurs et celle des informaticiens. Avant le projet, ces deux communautés ne se connaissent pas et n'ont que très peu de liens. Or la communauté des utilisateurs est très importante dans l'esprit des promoteurs du projet, puisque l'idée de Fano et de Licklider est de « *rendre cette communauté dépendante de l'interaction homme-machine et du time-sharing* »[38].

Le *Project MAC* va donc s'avérer un moyen efficace d'interconnexion entre ces deux communautés séparées. Le *time-sharing* et le *Project MAC* apparaissent comme une sorte « d'objet-frontière » interne au MIT, que se partagent les différents groupes de l'institut. L'un des meilleurs exemples de cette nouvelle liaison utilisateurs-informaticiens est donné par le projet INTREX, concernant les utilisations documentaires de l'ordinateur. On y voit travailler ensemble des informaticiens, des bibliothécaires, des chercheurs d'autres départements, des étudiants, etc..

Ainsi, dans l'histoire interne du MIT, c'est à partir de 1963 que l'informatique sort vraiment des quelques laboratoires très restreints qui l'ont vu naître, pour se répandre dans les différents départements et services de l'institut. Autrement dit, l'ordinateur devient le fédérateur de plusieurs communautés du MIT, la « technique » va structurer le « social ».

4.2.3.3 Un rôle-clé dans la structuration de la « Computer Science » au MIT

Si le *Project MAC* est une étape importante dans la diffusion de l'informatique au sein de l'institut, il constitue surtout un tournant dans l'activité informatique proprement dite de

[38] R. FANO, *Interview, art. cit.*, p. 9

l'institut. Jusqu'en 1963, les activités informatiques sont surtout concentrées au Département *d'Electrical Engineering* et dans quelques travaux d'analyse numérique au Département de Mathématiques. Dans les autres départements se sont développées des applications de travail, reprises par quelques chercheurs. L'environnement informatique est alors marqué par la dispersion, l'isolement des forces, l'éparpillement, comme le rappelle Corbato :

> *« le Project MAC a permis l'union de la communauté informatique. L'informatique, en tant que science, arrivait à peine à maturité en ce sens où Stanford commençait à peine à créer un département. Au MIT existait une sorte de département de facto. »*[39].

Nous retrouvons ici cet élément essentiel, constitutif du processus général d'émergence d'ARPANET, à savoir la montée en puissance progressive de l'informatique américaine, en tant que communauté et discipline scientifique autonome.

Ce processus sera plus long qu'il n'y paraît. Ainsi les premiers diplômes de premier cycle en informatique n'apparaissent au MIT que vers la fin des années 60 et il faut attendre 1975 pour voir la transformation du département *d'Electrical Engineering* en EECS (*Electrical Engeneering and Computer Science*). Autrement dit (et le fait est paradoxal) : l'un des berceaux historiques de l'ordinateur sera l'une des dernières universités à créer son premier département d'informatique.

Quoi qu'il en soit, il est clair que dans cette longue maturation, le *Project MAC*, qui « *était plus qu'un simple projet* » selon l'expression de Corbato, a joué un rôle-clé, puisqu'il est considéré comme le vrai point de départ de la constitution de la communauté informatique de l'institut de Cambridge.

4.2.3.4 « L'acteur-réseau » du time-sharing *renforcé*

Si l'on considère le *time-sharing* comme un réseau socio-technique, constitué de multiples acteurs et actants, voire comme un « acteur-réseau » agissant de fait comme un « acteur », susceptible de recomposer le monde autour de lui, on peut décrire son extension à travers les poussées opérées dans différentes directions. Nous tâcherons de dresser ici une rapide « cartographie » des forces et des composants du réseau du *time-sharing* après le lancement du *Project MAC* (schématiquement, au milieu des années 60), cartographie qu'il faudrait comparer à « l'état des forces » de 1962.

Nous avons vu d'abord que l'un des tout premiers résultats, et non des moindres, du *Project MAC* a été de faire travailler ensemble les pionniers solitaires et divisés du *time-sharing*.

---

[39] F. CORBATO, *Interview, art. cit.*, p. 15

Première traduction interne donc : le coeur du réseau du *time-sharing* sort renforcé, unifié et plus « convergent » qu'auparavant.

Deuxième extension : les soutiens financiers des agences. Nous avons vu que le *Project MAC* est le premier contrat lancé par Licklider à l'ARPA/IPTO et qu'à ce titre, il recevra un financement substantiel de l'ARPA, du moins au début. Car ce soutien ne durera pas très longtemps. En effet, sous la direction de Roberts (c'est-à-dire à partir de 1967-68), l'agence cessera de soutenir le *Project MAC*, trop orienté selon elle vers l'éducation et la recherche[40].

Mais l'ARPA n'est pas le seul « sponsor » du *Project MAC*. Selon Fano, l'*US Air Force* témoigne également d'un soutien total à ce type de projet et « *souhaitait que la communauté entière des informaticiens soit impliquée dans le time-sharing* ». Mais Fano ne donne pas d'indications sur un éventuel financement de l'AFOSR. En revanche, l'autre grande agence militaire de recherche, l'ONR, intervient très tôt directement dans le financement du projet[41]. Un autre soutien sera obtenu de la part de la NSF : Fano réussira à obtenir un financement global de la part de la NSF mais pour un ou deux ans seulement. La NSF préfère alors financer des petits projets précis et se retirera rapidement du *Project MAC*, trop important et diversifié aux yeux de l'agence civile de recherche. Ainsi le *time-sharing* devient, avec le *Project MAC*, un thème de recherche faisant l'objet de financements et de soutiens croisés de la plupart des agences de recherche.

Troisième extension du réseau : l'ensemble de la communauté informatique du MIT et d'ailleurs, plutôt réservée ou hostile face au *time-sharing*. Nous avons évoqué plus haut l'attitude dominante des chercheurs de l'époque vis-à-vis du *time-sharing*, faite de doute, de méfiance ou de franche hostilité. Le succès de la *Summer study* de l'été 63 puis celui du *Project MAC* permettront de vaincre les réticences de nombreux informaticiens, désormais gagnés à la cause du *time-sharing* et de l'informatique interactive. Nouveau renforcement du réseau donc, par la neutralisation ou « l'enrôlement » des adversaires.

Une quatrième poussée du « réseau *time-sharing* » concerne les entreprises informatiques et, au premier chef, IBM. Nous avons vu qu'une part essentielle de la stratégie de l'équipe du *Project*

---

[40] « *L'ARPA n'est pas intéressée par l'éducation* », répondra assez sèchement Larry Roberts à Fano, lors d'une demande de subventions vers 1967 ou 68. Le financement du *Project MAC* par l'ARPA s'arrêtera définitivement lors du lancement du projet *Multics* par Corbato.

[41] Robert Fano cite notamment, comme facteur « facilitateur » au moment du démarrage, les très bonnes relations personnelles entre Paul Cusick, le responsable financier du MIT et seule personne habilitée à signer les contrats de l'institut, et le responsable de l'ONR, responsable des contrats de l'agence (dont il a oublié le nom). L'existence de ce « réseau personnel » et institutionnel (le MIT et l'ONR travaillent ensemble depuis longtemps) a joué un rôle important au moment du démarrage du *Project MAC*. Ainsi Fano peut-il commencer à dépenser ses crédits dès avril 63 et notamment emménager dans ses nouveaux locaux avant que le contrat avec l'ONR ne soit signé, grâce à la relation de confiance entre les deux responsables financiers.

MAC (et notamment de Corbato) est alors la volonté d'intéresser IBM et de les convaincre qu'un autre mode de fonctionnement des ordinateurs est possible. Et il est frappant d'observer à quel point les organisateurs du projet ont cherché, dès l'été 63, à gagner les entreprises à leur cause.

Dans cette perspective, la *Summer Study* représente un dispositif capital dans la stratégie des tenants du *time-sharing.* Visant d'abord les chercheurs en informatique pour les convaincre de l'intérêt du *time-sharing* et de l'informatique interactive, elle a pour deuxième objectif explicite d'atteindre les industriels, qui détiennent la clé du problème. De fait, le *Project MAC* suscitera pendant plusieurs années de nombreuses visites au MIT, d'ingénieurs, d'entrepreneurs, de journalistes, de chercheurs. Mais il faut noter le relatif manque d'intérêt des dirigeants des grandes entreprises américaines informatiques, qui se déplacent très rarement pour voir le *Project MAC*[42]. En fait, selon Corbato, la véritable « cible » est IBM, dont les chercheurs du MIT n'arrivent pas à retenir l'attention. A cette époque règne encore un scepticisme général chez IBM devant le *time-sharing*[43]. Et il semble bien que les tentatives d'intéressement de « Big Blue » n'aient pas été vraiment couronnées de succès.

En revanche, l'équipe du *Project MAC* trouve un soutien extérieur plus affirmé chez l'entreprise DEC, qui a déjà conçu le PDP-1, support de systèmes de *time-sharing*. Les relations de Fano avec les gens de DEC seront assez étroites tout au long du projet. Enfin, un autre soutien, qui s'avèrera essentiel, est trouvé auprès de la firme *General Electric*. Fano est en relation notamment avec deux ingénieurs de l'entreprise, Weil et John Couleur, et ces contacts déboucheront plus tard sur le financement du projet Multics de Corbato.

Au total, le *Project MAC* ne réussira que partiellement son pari d'intéresser le monde de l'industrie au *time-sharing*, dans la mesure où certains « poids lourds » comme IBM resteront sur leur position, ce qui leur fera perdre d'ailleurs l'important marché de Multics.

Le schéma de la page suivante, qui retrace les grandes étapes du projet, permet de récapituler partiellement le réseau d'acteurs concerné par le Project MAC.

---

[42] Contrairement aux Japonais, qui viendront régulièrement faire des visites au MIT pour s'informer sur le Project MAC.

[43] Presque seul chez IBM, un ingénieur, Nat Rochester, sera un allié de la première heure du projet. Il fera de nombreuses visites au MIT et apportera un soutien constant au projet de Fano. Un autre soutien sera trouvé plus tard chez IBM avec Bo Evans, qui deviendra vice-président de la firme.

Schéma n° 2.3. Les filières du time- sharing : le *Project MAC*

4.2.3.5 Le Project MAC comme préfiguration d'ARPANET

On ne peut conclure ce bilan du Project MAC sans le remettre dans la perspective qui est la nôtre, celle du processus d'émergence d'ARPANET. Combinant des objectifs à la fois sociaux, cognitifs, communicationnels, techniques, le *Project MAC* anticipe et préfigure, selon nous, le futur ARPANET et revêt, de ce point de vue, une quadruple importance :

- au plan « idéologique » ou discursif, *i.e.* de « l'imaginaire technique », le *time-sharing,* dont le *Project MAC* est devenue la figure emblématique, constitue la matrice de tous les thèmes majeurs d'ARPANET : vision de l'informatique interactive, échange et partage des ressources, communication horizontale, « intelligence collective », communautés en ligne, etc. ;
- au plan social (ou socio-technique) de la constitution des réseaux d'acteurs, le *Project Mac* contribue fortement à structurer le réseau initial de tous les acteurs majeurs d'ARPANET : constitution des équipes de recherche, des circuits de financement, distribution des rôles et des relations entre chercheurs, entreprises, organisations. Ainsi les futurs sites ou acteurs d'ARPANET seront-ils pour l'essentiel ceux qui mettent en place des projets de *time-sharing* au début des années 60, dans la voie ouverte par le Project MAC : le MIT, le SRI, l'entreprise BBN, SDC, l'UCB, et ;
- au plan des pratiques : le *time-sharing* est le premier laboratoire d'expérimentation des pratiques de partage des ressources des ordinateurs, de communication non hiérarchique entre chercheurs, toutes pratiques qui s'épanouiront sur ARPANET et plus tard, sur l'Internet. Vu sous cet angle, ARPANET pourrait être considéré comme l'extension à l'échelle du territoire américain de projets et de pratiques déjà en place à l'échelle d'une université ;
- au plan technique enfin : les travaux sur le *time-sharing* vont jeter les bases de la création de certains ingrédients techniques permettant ARPANET, soit directement par les avancées dans les ordinateurs à accès multiple, soit indirectement par les limites techniques rencontrées dans l'accès à distance. Ces limites ne seront dépassées qu'avec l'adoption de la transmission par paquets et l'élaboration de langages communs, les protocoles de communication.

En retombant dans les schémas traditionnels de la causalité historique, on pourrait ainsi dégager une autre lecture « causale » possible de l'émergence d'ARPANET, selon laquelle le réseau serait le produit dérivé du *Project MAC* et du time-sharing. Mais ce serait une erreur, non seulement historique mais théorique : les innovations techniques, surtout de l'ampleur d'ARPANET, sont le résultat de multiples facteurs. Disons simplement que dans cette multiplicité, le *Project MAC* lancé en 1963 au MIT tient une place de choix.

4.3 La montée en puissance de l'IPTO : 1964-1967

Pourquoi ce découpage chronologique de 1964 à 1967 ? Quels sont les faits ou les événements qui le délimitent ? Et quels en sont les traits marquants ? Du point de vue de l'émergence d'ARPANET, nous caractériserons cette période par deux éléments essentiels :

- la consolidation et l'extension de l'IPTO, conférant à l'agence une position de centralité dans le « diagramme stratégique » de la recherche informatique. C'est lors de ces années de construction que l'ARPA/IPTO va devenir l'acteur dominant dans le champ en plein essor de la recherche informatique ;
- la montée, non en force mais plutôt en « réalité », des projets de réseaux d'ordinateurs.

Pour des raisons de clarté dans l'exposé, nous avons préféré séparer ces deux grands aspects, que nous traiterons l'un après l'autre au risque de quelques chevauchements. Le présent chapitre est donc entièrement consacré à l'IPTO.

En reprenant la terminologie de la traduction, nous dirons que le premier phénomène marquant de cette période est, à nos yeux, le passage de l'IPTO de la position de « réseau d'acteurs » à celle « d'acteur-réseau ».

Réseau d'acteurs, le service créé par Licklider l'est incontestablement dès l'origine, en tant que centre de coordination, d'animation et de financement du réseau de chercheurs des *ARPA's Contractors, i.e.* cette poignée des meilleurs et principaux chercheurs en informatique de l'époque. Chacun de ces chercheurs (les PI : *Principal Investigator*) peut être considéré lui-même comme un acteur-réseau, situé au coeur de projets techniques reliés à de nombreuses entités.

Mais par la politique efficace d'intéressement et d'enrôlement menée par ses dirigeants, par les nombreuses associations tissées avec de nouveaux partenaires, autrement dit par la forte convergence qui va s'opérer entre ses divers composants, l'IPTO devient assez vite au cours de cette période mal délimitée un véritable « acteur-réseau », un réseau se transformant en acteur à part entière, capable de parler d'une seule voix au nom des innombrables entités qui le composent. Ainsi, tant au sein de l'ARPA et du Pentagone que parmi les autres agences de recherche et, au-delà, dans le champ de l'informatique, l'IPTO se constitue en acteur incontournable pour toutes les autres entités, lors de ces années fondatrices. Première agence de financement, le service informatique de l'ARPA s'installe durablement au centre même de la recherche académique informatique.

A nos yeux, il s'agit là de l'une des conditions préalables les plus importantes de la naissance d'ARPANET : pour que ce réseau d'ordinateurs voit le jour, encore faut-il des forces de coordination, d'impulsion et de pilotage suffisamment fortes et légitimes. Et il apparaît que c'est pendant ces années « grises », où l'on distingue parfois mal les événements marquants, que l'IPTO acquiert cette puissance d'intervention et, par conséquent, cette légitimité, cette reconnaissance.

Cette première caractéristique de la période justifie le découpage chronologique, du moins en amont[1]. En effet, le départ du fondateur de l'IPTO à l'automne 64, compte tenu de sa personnalité, marque une étape importante tant dans le processus général d'émergence d'ARPANET que dans la courte histoire de l'IPTO, scandée par ses directeurs successifs.

Après avoir présenté les deux successeurs de Licklider, Ivan Sutherland et Robert Taylor, nous retracerons la consolidation et l'extension de l'IPTO sous leur direction, en décrivant successivement la place de ce service au sein de sa propre organisation, l'ARPA, les moyens dont il dispose et leur utilisation par Sutherland et Taylor dans leur politique de soutien à la recherche informatique. Nous tâcherons enfin de montrer ce qui a fait alors l'originalité du mode de management de la recherche informatique établi par l'IPTO, en le comparant avec l'intervention des autres agences.

4.3.1 Les successeurs de Licklider

S'il ne constitue pas un changement radical dans la politique de l'agence, le remplacement de Licklider par Sutherland représente néanmoins une césure significative dans l'histoire de l'IPTO et inaugure une nouvelle période, dominée par les figures des successeurs de Licklider. On ne peut donc retracer le rôle-clé de l'IPTO sans présenter au préalable ses dirigeants, tant ceux-ci vont laisser leur empreinte sur l'agence.

4.3.1.1 Ivan Sutherland : le choix de la jeunesse

Qui est et d'où vient celui que Licklider va aller chercher pour lui succéder ?

[1] Le bornage en aval de la période (1967) est lié à la montée des projets de réseaux informatiques et sera expliqué dans le chapitre suivant.

Né en 1938, Sutherland découvre l'informatique très jeune, lors de sa formation initiale à l'université, dans la deuxième moitié des années 50[2]. Passionné d'électronique, il quittera l'institut Caltech pour rejoindre le MIT, jugé plus performant en informatique (ce qui confirme bien la place de leader de la recherche informatique qu'occupe alors le MIT). Dès son arrivée au MIT vers 1958-59, Sutherland va s'insérer dans un réseau scientifique de haut niveau. En effet, devenu *graduate student*, il prépare son *Ph D* sous la direction de Claude Shannon[3] et travaille également avec Wes Clark au Lincoln Laboratory, où il a à sa disposition le gros ordinateur TX-2, successeur du TX-0.

Sa thèse porte sur un dispositif tout à fait nouveau d'interface graphique nommé « *Sketchpad* », qui rendra très vite célèbre ce jeune chercheur particulièrement doué. Terminant sa thèse à l'hiver 1962-63, Sutherland ne peut assister au lancement du *Project MAC*, car il doit quitter le MIT pour faire son service militaire.

Le réseau personnel de celui qui part à l'armée en 1963 est déjà très riche : il est en relation avec les plus grands noms de l'informatique du moment, Shannon, Wes Clark, Minsky, Doug Ross. Au Lincoln Lab, il s'est lié avec plusieurs chercheurs, dont deux autres doctorants que nous retrouverons bientôt, Larry Roberts et Leonard Kleinrock. Et surtout il bénéficie d'une certaine considération pour son *Sketc.hpad* au sein de la petite communauté informatique[4]. Cette donnée est essentielle pour comprendre son arrivée à l'IPTO.

4.3.1.1.1 Des conditions d'arrivée à l'IPTO « hors normes »

La nomination d'Ivan Sutherland à la tête de l'IPTO se fait dans de curieuses conditions au regard des règles en vigueur au Pentagone. Par-delà la petite histoire, l'arrivée du deuxième directeur de l'IPTO nous semble, une fois encore, riche d'enseignements sur le fonctionnement de l'agence et ses problèmes de « recrutement ».

---

[2] Après divers travaux de construction de relais électroniques lors de ses années de formation, il obtient son *Bachelor's degree* (licence) en *Electrical Engineering* à la CMU (*Carnegie Mellon University*), puis le *Master's* à Caltech, où il construit plusieurs machines à relais. Entre la licence et la maîtrise, il fait également un « job d'été » (*summer job*) chez IBM.

[3] Selon son témoignage, Sutherland a eu la possibilité de rencontrer Claude Shannon quelques années plus tôt aux *Bell Laboratories* (alors qu'il était encore adolescent). Aussi, en arrivant au MIT, reprendra-t-il contact avec le père de la théorie de l'information, ce qui changera totalement les conditions de son séjour à l'institut, Sutherland ayant demandé à Claude Shannon de diriger sa thèse.

[4] Comme en témoigne l'anecdote suivante : pendant son service militaire, Sutherland travaille d'abord comme employé à la NSA (*National Security Agency*). Puis l'Armée l'envoie à l'Université du Michigan pour travailler sur le *Project Michigan*, important projet de recherche militaire. Beaucoup d'aspects de ce projet n'ont rien à voir avec l'informatique et Sutherland, placé sous la direction d'un colonel, est seulement chargé de suivre l'avancement du projet. Plusieurs responsables du champ informatique, dont Licklider, qui a déjà une très grande estime pour Sutherland, sont persuadés qu'il perd son temps dans ce travail fait à Michigan et vont manoeuvrer pour le faire repartir au NSA. L'Armée le renverra alors comme lieutenant au NSA, plus ou moins sous la pression de Licklider qui pense déjà à lui pour prendre sa succession. C'est là qu'il sera appelé pour prendre la direction de l'IPTO.

On se souvient des difficultés de Licklider à se trouver un remplaçant avant son départ de l'ARPA. Il va finir par choisir le jeune lieutenant mais aura beaucoup de mal à l'imposer, tant auprès de ses supérieurs de l'ARPA[5] que de certains responsables du Pentagone, tous réticents pour des raisons différentes devant cette cooptation[6]. Au terme de longues tractations, Licklider l'emportera finalement et pourra quitter l'ARPA en septembre 1964.

Ainsi l'arrivée de Sutherland à la tête de l'IPTO s'opère-t-elle dans des conditions un peu mouvementées, dues à sa jeunesse et à son grade militaire.

Si ce problème du grade de lieutenant est anecdotique[7], la nomination du successeur de Licklider révèle par contre des données intéressantes sur les problèmes de recrutement à la tête de l'IPTO. Tout d'abord, Sutherland confirme lui-même que son choix s'est fait apparemment par défaut, personne ne voulant prendre la place de Licklider[8].

Quelles sont les raisons de cette difficulté de recrutement et du choix, somme toute étonnant, d'un jeune lieutenant de 26 ans ? Deux raisons sont invoquées par Sutherland.

Tout d'abord, un problème clairement financier : les rares personnes qui pourraient accepter la direction de l'IPTO verraient leur salaire diminué presque de moitié. De plus, tous les candidats potentiels ont des placements divers dans plusieurs entreprises - autre exemple du « complexe militaro-scientifico-industriel » - et ils doivent s'attendre à être privés de leurs droits en entrant à l'ARPA. Prendre la direction de l'IPTO les met donc dans une situation personnelle qui peut être

---

[5] Le nouveau Directeur de l'ARPA est alors Bob Sproull et le Directeur adjoint Charles Herzfeld.

[6] Les dirigeants de l'ARPA s'interrogent au départ sur la capacité d'un si jeune chercheur (rappelons qu'il n'a alors que 26 ans !) à travailler au Pentagone et les militaires manifestent de fortes réticences à accepter un garçon à peine lieutenant ! Les négociations de Licklider aboutissent finalement et Ivan Sutherland se voit proposer, à son immense surprise, le poste de direction de l'IPTO ; se trouvant lui-même trop jeune pour une responsabilité aussi grande, il refuse dans un premier temps, demande six semaines de délai et finira par accepter, sous la pression très forte de l'Armée, apparemment convaincue cette fois par Licklider.

[7] Dans son interview (I. SUTHERLAND, *Interview by William Aspray. 1 May 1989. Pittsburgh, Pa*, Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989, p.7), Sutherland raconte un détail assez drôle sur les conséquences de son statut de simple lieutenant. Ainsi, dès son arrivée à l'ARPA se pose le problème, très protocolaire, du titre accordé dans le communiqué de presse qui doit annoncer sa nomination : Docteur ou Lieutenant ? Le Directeur de l'ARPA, Bob Sproull, à l'origine du communiqué de presse, parle du « Docteur » Sutherland mais le Bureau de presse du Pentagone parle du Lieutenant. Les désaccords entre l'ARPA et le DoD, qui aboutiront à l'annulation du communiqué de presse !, sont aggravés par le fait que Sproull veut cacher à l'un des dirigeants (du DoD), le Major General Wineky, que Sutherland est un simple lieutenant ! Désaccords entre acteurs sur l'identité d'un autre acteur, pourrait-on dire pour résumer cette anecdote selon le répertoire de la sociologie de la traduction.

[8] Quelques personnes hautement qualifiées ont été trouvées avant lui pour remplir cette tâche, mais les difficultés croissantes de ce poste à l'ARPA les en ont dissuadées, selon lui. Son témoignage est confirmé par celui de Licklider, insistant sur la difficulté qu'il a eue à trouver un successeur.

difficile[9]. La direction de l'IPTO est donc un poste stratégique, probablement passionnant d'un point de vue professionnel, mais il y faut un relatif désintéressement personnel.

La deuxième raison découle en partie de la première : il s'agit de la prime à la jeunesse. Ne pouvant recruter des personnalités confirmées, l'ARPA et notamment Licklider doivent se tourner vers de jeunes chercheurs, à l'aube de leur carrière. Mais ce choix par défaut est renforcé par une autre considération : la volonté de retrouver la souplesse d'origine de l'ARPA. L'une des raisons du choix de Sutherland, selon lui, est donc paradoxalement sa jeunesse, le fait qu'il soit nouveau et sans obligations. Cette responsabilité représente en effet pour lui une grande mission, le mobilisant fortement, même si sa paye ne doit pas changer.

Selon lui, les mêmes raisons joueront pour le choix de ses successeurs Larry Roberts, également frais émoulu de l'université et qui a le même âge que Sutherland, et Robert Taylor, à peine plus âgé.

Ce choix de la jeunesse pour les directeurs de l'IPTO témoigne à l'évidence, non seulement de la jeunesse elle-même d'une organisation qui n'a pas encore fait ses preuves, de son caractère résolument expérimental et pionnier, mais aussi de la volonté des dirigeants de l'ARPA, pour développer des recherches réellement « avancées », de miser sur les capacités d'innovation et de responsabilité de jeunes chercheurs enthousiastes. A l'inverse, la nomination d'un jeune lieutenant de 26 ans dans une agence de financement du Pentagone révèle l'importance encore très relative de la recherche informatique aux yeux des hauts responsables du Pentagone[10].

La jeunesse des directeurs de l'IPTO aura bien sûr d'importantes conséquences, tant sur l'action de l'agence en matière de recherche que sur le style de fonctionnement et de management, le fameux « style ARPA »[11].

---

[9] A l'appui de cet élément, souvenons-nous du refus initial dû aux mêmes raisons financières de Charles Zraket, sollicité avant Licklider par l'ARPA (voir le point 3.6.2.1.1 : Un « dispositif d'intéressement » à l'ARPA insuffisant... »)

[10] On peut s'interroger par exemple sur la probabilité d'une nomination d'un Sutherland ou d'un Roberts comme responsables des programmes de défense sur les missiles ou les tests nucléaires !

[11] Pour leur propre carrière, le passage à la tête de l'IPTO sera un formidable tremplin pour ces jeunes directeurs. Sutherland reconnaît ainsi que l'IPTO l'a beaucoup aidé pour le reste de sa carrière, par les nombreux contacts créés. Cette expérience à l'ARPA constitue par ailleurs une étape assez courte dans la carrière de ces chercheurs très mobiles. Comme Licklider, Sutherland s'est fixé deux ans pour rester à l'IPTO. A une question sur les causes de son départ de l'ARPA, il se contente d'un laconique : *« It was time »*, pour signifier que cette direction de l'IPTO, qu'il n'a pas vraiment choisie, n'était pour lui qu'un intermède dans sa carrière. Ivan Sutherland quittera ainsi l'ARPA au début de l'été 66 pour aller enseigner à Harvard.

Pour conclure sur l'âge des directeurs de l'IPTO, cette pratique en vigueur à l'ARPA exprime, selon nous, l'un des aspects importants de tout phénomène d'innovation, qu'ont bien établi plusieurs courants de la sociologie des techniques[12]: la dimension culturelle de l'innovation, propre à un pays donné. L'« américanité » de cette politique de prime à la jeunesse saute ici aux yeux et nous retrouverons cette dimension générationnelle, capitale dans ses effets, au cours de toute l'émergence d'ARPANET. La jeunesse de la plupart des protagonistes d'ARPANET - chercheurs, constructeurs comme managers de l'ARPA - ne saurait être en effet un pur hasard et peut s'expliquer, entre autres, par l'interaction majeure entre le contexte historique des années 60 (irruption de la jeunesse, notamment étudiante, en tant qu'acteur social et politique) et les valeurs américaines du « culte de la jeunesse »[13].

4.3.1.2 Robert Taylor ou le « disciple » de Licklider

Nous avons évoqué plus haut[14] comment le fondateur de l'IPTO a assuré sa double succession, en recrutant d'abord Sutherland puis en lui conseillant de prendre Robert Taylor comme conseiller scientifique. Il nous faut donc présenter celui qui va seconder Sutherland à partir du début 65, puis prendre les rênes du service et lancer l'idée du réseau de l'ARPA.

Si nous parlons de Robert W. Taylor comme du « disciple » de Licklider, c'est non seulement à cause des liens intellectuels très forts qui vont unir les deux hommes, mais parce que Taylor lui-même a toujours revendiqué et assumé la forte influence de Licklider sur ses conceptions scientifiques. Son parcours intellectuel est inséparable de celui du visionnaire de l'informatique interactive.

Dans leur relation, ce n'est pas l'informatique qui fera d'abord le lien mais la psycho-acoustique. En effet, les deux hommes ont en commun d'être issus, avec quinze ans d'écart, de ce domaine scientifique, qui va fournir les bases des premières connexions entre eux.

---

[12] Notamment les approches du constructivisme social, comme celle de la « variabilité sociale des innovations » de Marc Maurice, pour qui les innovations techniques dépendent avant tout des conditions sociales et culturelles propres à chaque pays (voir D. VINCK, *Sociologie des sciences, op. cit.,* p. 239).

[13] N'oublions pas non plus que la nomination de ces jeunes chercheurs à la tête de la principale agence de financement de la recherche informatique intervient juste après « l'ère Kennedy », qui a fortement symbolisé le renouvellement politique.

[14] Voir le point 4.1.4.6 : « Une succession assurée à l'IPTO ».

En 1953, le jeune étudiant Robert Taylor (il est né en 1932) commence des études d'acoustique à l'Université d'Austin au Texas et obtient le *master* en 1957[15]. Dès ses études de doctorat à la fin des années 50, le nom de Licklider, en tant que l'un des plus célèbres acousticiens du moment, est déjà connu du jeune doctorant. Mais comme Licklider, Wes Clark, Corbato, Fano et bien d'autres, Robert Taylor fait partie de ces nombreux chercheurs qui ont été « détournés » de leur champ d'origine par les sirènes de la recherche informatique. Ainsi, après avoir travaillé quelques mois au début des années 60 comme ingénieur dans l'industrie aérospatiale, il est engagé en 1961 à la NASA à Washington, pour devenir responsable de programme au quartier général de « *l'Office of Advanced Research and Technology* », le service de financement de la recherche de la NASA[16]. C'est lors de ce passage à la NASA, qui dure jusqu'en 1965, que Taylor est amené à financer des recherches en informatique : son service est l'un des premiers, par exemple, à financer les travaux d'Engelbart au SRI de 1962 à 65. Nous avons vu plus haut que c'est à cause de cette responsabilité à la NASA qu'en 1963, Taylor est sollicité par Licklider pour faire partie du « Licklider's committee », ce comité non-officiel des responsables des agences de financement. Robert Taylor rencontre enfin directement[17] celui qui est déjà un double modèle intellectuel pour lui : en psycho-acoustique mais aussi en informatique. Car Taylor souligne dans son interview que l'article sur la « symbiose homme-machine » a eu un très grand impact sur lui et qu'il partage alors totalement la vision de l'informatique interactive prônée par Licklider.

Dans les influences intellectuelles qui ont fortement marqué les conceptions de Taylor, il faut aussi mentionner l'article canonique « *As We May Think* » de Vannevar Bush[18], ainsi que la dette qu'il se reconnaît envers la cybernétique et certains travaux de Wiener de la fin des années 40.

---

[15] Il entreprendra ensuite une thèse de psycho-acoustique, toujours à l'Université d'Austin et mènera des recherches fondamentales sur la modélisation du fonctionnement du système nerveux auditif dans certaines situations. Il réalise également quelques recherches appliquées, sous le parrainage de l'US *Navy*, sur la guerre sous-marine.

[16] Le programme dont il a la responsabilité comprend notamment le financement de recherches menées dans les centres de la NASA et les universités, dans le domaine des systèmes de contrôle de vol habité, des écrans et des technologies de simulation, programme de recherche en relation avec le *Projet Mercury*, lancé à cette époque.

[17] Diverses connexions indirectes passant par la recherche psycho-acoustique existent déjà entre les deux hommes : ainsi Licklider, lorsqu'il était au MIT, avait dirigé une thèse sur les systèmes de contrôle des vols habités, l'un des thèmes de recherche financés par Taylor à la NASA. De plus, le directeur de thèse de Taylor est l'un des grands amis de Licklider, qui aura l'occasion de lire et d'apprécier la thèse du jeune chercheur. Dès son arrivée au « Comité Licklider », ses relations personnelles avec Licklider vont se développer très vite et Taylor aura des rencontres régulières avec lui.

[18] Taylor indique ainsi qu'il l'a lu à peu près en même temps que l'article de Licklider sur la symbiose homme-machine et que cette double lecture ne doit rien au hasard.

Eclairage théorique et personnel intéressant : dans son interview au CBI, Taylor se dit avoir été très marqué au début des années 60 par la jonction de ces trois théoriciens : Bush, Wiener et Licklider. Le fait est assez rare pour devoir être souligné, car Taylor est l'un des très rares (sinon le seul, à notre connaissance du moins) chercheurs de l'informatique interactive à rapprocher ainsi ces trois noms, montrant implicitement les liens et les fécondations mutuelles entre ces courants par ailleurs très spécifiques.

D'autres ont établi de semblables connexions intellectuelles mais toujours partielles. Ainsi, le rapprochement entre Licklider et Bush, la continuité entre le *Memex* et les interactions homme-machine n'ont pas échappé à plusieurs chercheurs des années 60 comme nous l'avons déjà souligné : Engelbart (dans son texte sur « l'augmentation »), Verner Clapp, le responsable du *Council of Libraries*, établissent explicitement la « lignée Bush-Licklider ». En revanche, ils semblent faire peu de références à la cybernétique. D'un autre côté, la relation entre les apports de la cybernétique et les idées de Licklider est soulignée de manière plus ou moins explicite chez d'autres chercheurs marqués par Norbert Wiener, comme Robert Fano ou Jérôme Wiesner. Mais ils ne font pas (ou peu) mention de Vannevar Bush. Autrement dit, la cybernétique, l'hypertexte (pour simplifier) et l'informatique interactive sont rarement appréhendées simultanément et l'intérêt de Taylor pour « *la jonction entre ces trois thèmes* » (qu'il ne cite pas comme tels) n'en est que plus remarquable.

Dès le début des années 60, Taylor va donc s'intéresser de plus en plus aux recherches en informatique, notamment celles proposées par Licklider, qu'il juge « *plus productives en termes de feed-back immédiat* »[19]en comparaison de la difficulté des recherches sur le système nerveux, que Taylor décide alors d'abandonner.

C'est donc peu dire que celui qui accepte de devenir au début 1965 « *deputy* » (adjoint) de Sutherland est totalement acquis aux thèses et aux visions de Licklider en matière d'informatique. La continuité sera totale.

4.3.1.3 L'équipe Taylor / Sutherland

Selon leurs témoignages respectifs, il apparaît que les deux « recrues » de Licklider ont établi une très bonne relation professionnelle et personnelle, qui s'avèrera fructueuse du point de vue du processus d'émergence d'ARPANET.

---

[19] R. TAYLOR, *Interview by William Aspray. 28 February 1989. Palo Alto, California,*Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989, p. 3

Les premiers contacts entre les deux hommes se nouent dès la fin 1964, lorsque Sutherland, sur les conseils de son mentor Licklider, invite Taylor, qu'il ne connaît pas[20], à venir discuter de son programme de recherche. Nommé officiellement en février 1965 *Research Director of Computer Science* à l'ARPA/IPTO, Taylor va travailler désormais en étroite collaboration avec Sutherland.

Le principal aspect de la « période Sutherland-Taylor » à l'IPTO semble être en effet le travail en commun entre le Directeur et le conseiller scientifique, qui vont partager toutes les tâches et tous les aspects du programme de recherche de l'agence. Sutherland indique par exemple qu'il n'y a pas de véritable division des tâches entre eux, le fonctionnement général restant très informel. Dès son arrivée à l'ARPA, Taylor est donc associé aux responsabilités, il participe à la plupart des déplacements de Sutherland chez les contractants de l'ARPA et prendra, au cours de l'année 65, de plus en plus d'importance au sein du service.

A partir du début 1966, Sutherland se retire *de facto* de la direction de l'IPTO pour s'investir dans d'autres projets (sans doute au NSA) et commence à enseigner à Harvard. Taylor prend alors tout naturellement les rênes de l'IPTO. Dès cette période, c'est donc lui qui devient le véritable patron de l'Office, la passation des pouvoirs se faisant officiellement et en douceur en juin 1966, avec le départ définitif de Sutherland de l'ARPA. Bien que Taylor, à la différence de ses prédécesseurs, ne soit pas un spécialiste de l'informatique, sa nomination, recommandée par Sutherland, ne provoque aucune opposition chez les dirigeants de l'ARPA qui le connaissent déjà très bien et ont pu apprécier ses qualités managériales. A 34 ans, il devient le troisième directeur de l'IPTO.

L'une des raisons du bon fonctionnement de l'équipe de direction de l'IPTO, au-delà des identités de vue sur l'informatique et des appréciations personnelles positives[21], tient sans doute à la complémentarité des deux hommes. Taylor, qui a une formation technique beaucoup moins importante que Sutherland, sera cependant très apprécié de celui-ci en raison de ses grandes compétences relationnelles, dans la gestion et l'animation des « ressources humaines ». Ainsi, selon Sutherland, c'est Taylor qui consolidera l'organisation du réseau des *ARPA's Contractors*, comme nous le verrons. De son côté, Sutherland offre des compétences techniques indiscutables en informatique et se montrera particulièrement attentif et vigilant quant aux aspects techniques des contrats de recherche. Cette qualité des relations personnelles et professionnelles entre les deux responsables de l'IPTO a certainement joué un grand rôle dans le rapide essor de ce service

---

[20] Le tout nouveau directeur de l'IPTO sait néanmoins que Taylor a fait partie du « Comité Licklider », qu'il a financé Engelbart et qu'il partage la même admiration intellectuelle pour leur modèle commun.

[21] Taylor, dans son interview, fait part de sa profonde estime pour son ancien collègue, jugé très intelligent, « *honnête, droit, et soucieux du détail* » et il reconnaît « *avoir beaucoup apprécié de travailler avec lui* ». *Ibid.*, p. 4

de l'ARPA et dans la mise en place des premiers composants d'ARPANET. Le succès des innovations tient aussi à la nature des interactions personnelles.

4.3.2 La consolidation de l'IPTO au sein de l'ARPA

Pour mieux comprendre l'action de l'IPTO, il est nécessaire de revenir au préalable sur la situation de ce petit service au sein de son organisation de référence qu'est l'ARPA.

4.3.2.1 Caractéristiques de la direction de l'ARPA

Lorsque l'on compare l'ARPA et son Office des Techniques de Traitement de Données (l'IPTO), trois analogies dans le fonctionnement managérial nous sautent aux yeux : la brièveté des mandats, le fonctionnement en tandem et la cooptation.

Plus encore à l'ARPA qu'à l'IPTO, on trouve d'abord une grande mobilité des dirigeants. Le mandat de deux ans semble être une règle non-écrite et informelle des directeurs de l'agence[22]. Dans les années 60, l'ARPA verra ainsi passer au moins six directeurs et l'IPTO quatre.
Une autre caractéristique du mode de direction de l'agence est le fonctionnement en binôme, que nous avons déjà évoqué : le Directeur de l'ARPA est secondé par un *Deputy Director* qu'il choisit lui-même. L'IPTO, à partir de Sutherland, fonctionnera également souvent en tandem : Sutherland-Taylor (1965-1966), Taylor-Roberts (1967-1969), puis Roberts-Kahn (1972-1973).
Cette donnée est importante car elle est en rapport direct avec le troisième trait du mode de direction de l'ARPA et de l'IPTO : la cooptation des dirigeants. Le recrutement des directeurs de l'ARPA paraît en effet reposer, là encore de manière informelle, sur les mêmes règles tacites de la cooptation interne que nous avons évoquées à propos de l'IPTO. Ainsi dans les années 60, tous les directeurs de l'ARPA (à l'exception de Eb Rechtin semble-t-il, directement recruté par le Pentagone) comme tous les responsables de l'IPTO seront nommés à partir d'une proposition de leur prédécesseur et seront passés auparavant par différentes fonctions.

---

[22] Ainsi Jack Ruina, qui aura fortement contribué au nouvel essor de l'ARPA en 1961, quittera l'agence à peine deux ans plus tard en juillet 1963. Bob Sproull, qui lui succède à la direction de l'agence, laissera la place à son tour en 1965 à Charles Herzfeld. Celui-ci part en 1967, remplacé par Eb Rechtin et après un court intermède compliqué dans l'année 1967 (nomination d'un Directeur provisoire). Rechtin restera également peu de temps et sera remplacé vers 1969 par Stephen Lukasik, le premier directeur à rester à la tête de l'agence au-delà des deux ans habituels, puisqu'il quittera l'ARPA vers 1974.

L'un des parcours les plus courants menant à la direction de l'ARPA paraît être constitué alors des étapes suivantes :

- d'abord Directeur de programme (*Office Director*) ou Directeur Assistant (*Assistant Director*) d'un service comme le *Defender Program*, le *Nuclear Test Detection Office*[23] ;
- ensuite Directeur Adjoint (*Deputy Director*) de l'ARPA[24] ;
- enfin Directeur de l'agence, là encore sur proposition du prédécesseur.

Notons qu'au cours des années 60, deux directeurs, Herzfeld et Lukasik, accomplissent la totalité du parcours.

Sans pouvoir expliquer vraiment les raisons de ce « turn-over » des directeurs et de ces modes de recrutement, nous pouvons en déduire au moins trois conséquences importantes pour l'agence :

- l'ARPA comme l'IPTO peuvent difficilement sombrer dans « l'ankylose bureaucratique », l'inertie ou l'immobilisme avec un renouvellement aussi rapide des dirigeants ;
- les relations personnelles sont capitales dans cette petite équipe ;
- les activités de l'agence, dans la définition des axes de recherche notamment, vont avoir une tendance naturelle à se diversifier à l'extrême : les forces centrifuges ne peuvent que l'emporter sur les forces centripètes dans une organisation marquée par une telle mobilité de la direction frisant parfois l'instabilité (trois directeurs en 1967 !), chaque équipe ou chaque responsable imprimant sa marque et ses choix.

4.3.2.2 ARPA / IPTO : des relations personnelles directes et une grande autonomie

Quels sont les relations de Sutherland et Taylor avec leur directeur respectif ?

Celui qui a succédé à Jack Ruina à la Direction de l'ARPA en 1963 est Bob Sproull, ancien responsable du programme de recherche sur les tests de détection des explosions nucléaires souterraines (*Nuclear Test Detection Office*)[25]. Selon son témoignage, Sutherland aura d'excellentes relations de confiance avec tous les dirigeants de l'ARPA avec qui il sera en contact : Sproull, Frosh et Herzfeld.

---

[23] Par exemple Herzfeld est d'abord responsable du *Defender Program*, Bob Sproull, Bob Frosh puis Lukasik seront les responsables successifs du *Nuclear Test Detection Office*.

[24] Herzfeld est nommé *Deputy Director* en 1963 par Bob Sproull, Bob Frosh sera nommé ensuite par Herzfeld en 1965, Lukasik quittera la direction du *Nuclear Test Detection Office* en 1967 pour devenir *Deputy Director* à la demande de Eb Rechtin.

[25] Sproull, comme tous les dirigeants de l'ARPA de cette époque n'est ni un militaire ni un administrateur du Pentagone, mais un universitaire, auparavant l'un des dirigeants de l'Université de Cornell. C'est lui qui va nommer Ivan Sutherland à l'IPTO.

Robert Taylor, lui, a d'abord été en relation avec Charles Herzfeld jusqu'en 1967 puis avec Rechtin jusqu'en 1969 (et sans doute Lukasik) et disposera toujours, selon son expression, d'une « *énorme liberté* ». Aucune directive, aucun ordre ne provient de la direction et les Directeurs de l'ARPA sont jugés très peu « bureaucratiques ». Les discussions portent surtout sur les problèmes techniques et scientifiques.

Il existe donc beaucoup de relations personnelles, généralement cordiales et confiantes entre les directeurs de l'ARPA et les responsables de l'IPTO. L'un des meilleurs exemples de ce type de relations est sans conteste la « négociation » du budget de l'IPTO. Là où l'on pourrait s'attendre à des réunions formalisées, organisées et regroupant tout le « staff » de l'ARPA, la discussion du budget de l'IPTO, d'après le témoignage de Taylor, se régle directement dans le bureau du Directeur (Herzfeld à cette époque), presque en tête-à-tête. L'établissement du budget annuel de l'IPTO se fait en effet sans la présence des autres responsables des autres programmes de l'agence ; les discussions se font ligne par ligne, entre le Directeur de l'ARPA, son Directeur-adjoint et le responsable administratif des programmes (le *Program Manager*). Et Taylor révèle que la négociation d'un budget de 25 millions de dollars a pu se faire parfois en une demi-heure (!).

L'une des raisons de la rapidité des discussions sur le budget vient de la bonne connaissance personnelle des projets de l'IPTO par les responsables de l'ARPA, qui connaissent également les chercheurs concernés. On retrouve ici toute l'importance des réseaux personnels dans le fonctionnement de l'ARPA / IPTO, qui caractérise l'ensemble du processus d'émergence d'ARPANET.

A l'évidence, si les relations entre l'IPTO et l'ARPA sont aussi bonnes, cela ne peut tenir seulement aux qualités individuelles des uns et des autres. La raison de fond de cette confiance totale accordée à Sutherland et Taylor (plus tard à Roberts) est d'abord à chercher dans le climat général favorable à la recherche informatique, très important à cette époque. Sutherland évoque ainsi le « *climat de soutien total* » régnant au DoD sur les recherches informatiques et le sentiment bienvaillant très répandu au sein du Pentagone sur les programmes de l'IPTO. De nombreux responsables du Pentagone ont désormais une conscience très forte de l'importance de l'informatique et une perception plutôt positive des programmes de recherche de l'IPTO, jugés très intéressants. Par ailleurs, la politique de contractualisation de l'agence donne l'impression (vraie au demeurant) que les meilleurs chercheurs sont mobilisés dans tout le pays sur des problèmes essentiels. L'IPTO bénéficie donc à ce moment-là d'un large soutien au sein du Pentagone, qui ne peut pas ne pas jouer en sa faveur au sein même de l'ARPA.

Il semble pourtant que les relations entre l'ARPA et son service informatique n'aient pas été toujours aussi harmonieuses. Ainsi des visions différentes de l'informatique ou plutôt des définitions des acteurs potentiels de la recherche auraient opposé l'IPTO et l'ARPA, autour du problème des relations entre l'agence et les entreprises informatiques. Cette question des rapports ARPA / entreprises surgit vers 1963[26], sous la forme d'une question importante posée au directeur de l'IPTO : pourquoi ne pas compter sur l'industrie informatique pour faire ces recherches ? Apparemment, il existe quelques réticences au départ chez les administrateurs de l'ARPA devant la possibilité de faire faire les recherches préconisées sur le *time-sharing* et les réseaux par les universités. Mais l'existence de relations de confiance entre les dirigeants de l'ARPA et leurs subordonnés de l'IPTO permettra de dépasser les désaccords et, à partir de 1965 surtout, sous la direction de Herzfeld, l'IPTO paraît jouir d'une très grande marge de maneuvre dans ses activités.

Cette liberté d'initiative pose d'ailleurs un autre problème crucial : celui du caractère militaire des recherches informatiques. L'IPTO a beau être un service d'une agence du Pentagone, l'on est frappé de voir le caractère civil prédominer largement son activité. Parmi toutes les raisons invoquées pour justifier les actions, certaines rejoignent évidemment les intérêts militaires mais « l'intérêt de la défense nationale » passe au second plan pour la quasi totalité des projets de l'IPTO. Selon Taylor, pendant sa direction de 1966 à 1969, aucun financement n'a été fait pour des applications militaires. La guerre du Vietnam, alors en plein développement sous Johnson, sera le seul exemple d'une intervention directe et personnelle de l'ARPA auprès de Robert Taylor. En bref, Taylor sera sollicité par l'ARPA pour mener une mission de coordination, afin d'améliorer le système d'information militaire entre les forces sur le terrain et la Maison

[26] Donc sous la « période Licklider ».

Blanche[27]. Et il s'agirait là, selon le témoignage de Taylor, de la seule implication directe de l'IPTO dans les affaires militaires du moment[28].

4.3.2.3 Un « petit service » de l'ARPA mais la première source de financement de la recherche informatique

Un autre critère essentiel pour déterminer la place de l'IPTO au sein de l'ARPA est celui du budget et des moyens alloués.

Nous avons souligné l'une des particularités essentielles de l'IPTO qu'il ne faut pas perdre de vue : le service des recherches informatiques est l'un des programmes les plus réduits de l'ARPA en comparaison des autres programmes de l'agence. Pendant les années 60, l'IPTO ne pourra jamais rivaliser jamais, en termes de moyens humains ou financiers, avec certains des énormes programmes militaires qui occupent l'essentiel de l'activité de l'ARPA.

Deux chiffres donnent la mesure de cette place limitée :

- le financement des deux programmes militaires du début des années 60 (le *Defender Program* et le *Nuclear Test Detection*) s'élève à une somme comprise entre **130 et 150 millions de dollars par an**[29] (selon Ruina) ;
- le budget attribué à Licklider à son arrivée en 1962 est d'environ **15 millions de dollars par an**.

Par ce rapport de 1 à 10, on mesure à quel point le financement du programme informatique est très périphérique dans les priorités de l'ARPA.

---

[27] En effet, il semble alors exister un problème d'information et de coordination entre les différentes instances de l'armée : chaque branche de l'armée (*Army*, *Navy*, *US Air Force*) envoie ses rapports à la Maison Blanche, qui constatera beaucoup de contradictions entre eux. Le mécanisme par lequel Taylor sera « enrôlé » dans cette sale guerre illustre à sa manière le fonctionnement concret, au plan informationnel, de la machine de guerre américaine d'alors : pour résoudre ce problème d'information, la Maison Blanche se tourne vers le Pentagone, le Secrétaire à la Défense se tourne à son tour vers l'ARPA (qui bénéfice de la bonne image de marque d'être un service rapide d'information) et le Directeur de l'ARPA vers le service spécialisé dans le traitement des données et son responsable, Robert Taylor. Celui-ci mènera ainsi plusieurs missions d'expertise au Vietnam en 1969, aboutissant à la mise en place d'un système plus cohérent de collecte et de présentation des informations à destination de la Maison Blanche. Son action entraînera notamment le recrutement d'un informaticien de SDC, Dick Beeler, pour l'installation d'un ordinateur au MACV (*Military Assistance Command Vietnam*), *i.e.* le quartier général de l'armée américaine au Vietnam, à Tonsinook.

[28] Nous n'avons en revanche aucune information précise sur l'implication des autres services de l'ARPA, mais il est plus que probable que l'agence aît participé, de près ou de loin, à cette guerre atroce menée contre tout un peuple. Comment la recherche informatique et la mise en place d'ARPANET pourront rester (sous réserve d'approfondissement) des sortes d'îlots civils dans un océan de recherche militaire et ce, dans un tel contexte, constitue toujours pour nous l'une des grandes interrogations de toute cette histoire.

[29] Le programme sur les missiles balistiques de défense coûte à lui seul entre 60 et 70 millions de dollars par an.

4.3.2.3.1 Des moyens financiers importants

Pourtant, si le budget de l'IPTO reste assez limité en comparaison des autres budgets de l'ARPA ou des sommes investies actuellement dans l'informatique, il demeure, à cette époque, l'une des principales sources de financement de la recherche informatique.

Ainsi ce « modeste budget », d'environ 15 millions de dollars par an en 1963, est, selon Taylor, plus élevé que la somme de tous les budgets des agences représentées dans le « Comité Licklider ». L'IPTO dispose donc d'une « force de frappe » financière incomparable par rapport aux autres agences, qui ne cessera de plus de se renforcer au fil des ans.

Sous la direction de Sutherland, on observe une certaine stabilité du budget de l'IPTO : la première année (en 1965), Sutherland dispose d'un budget de 13 millions de dollars (en légère baisse par rapport à Licklider), qui remontera à 15 ou 16 millions en 1966 lors de son départ.

C'est surtout sous « l'ère Robert Taylor » que le budget de l'IPTO va connaître une nette progression, d'autant plus spectaculaire qu'elle intervient dans un contexte de restriction budgétaire très forte due à la guerre du Vietnam. Alors que le budget global de l'ARPA est diminué de moitié, Taylor réussit le tour de force d'augmenter progressivement celui de l'IPTO ! De 16 millions de dollars à son arrivée en 1966, le budget passera à 18 millions en 1967, puis environ 25 millions en 1968-69 lors de son départ[30]. Le mouvement sera poursuivi sous Larry Roberts, qui fera progresser les crédits de l'IPTO de 28 millions en 1971 à près de 50 millions de dollars en 1973, lorsqu'il quittera l'agence.

De nombreuses opérations de traduction se seront passées entre temps.

4.3.2.3.2 Des moyens humains toujours limités

Pour expliquer le type de relations entre l'IPTO et l'ARPA, il faut parler surtout des relations personnelles entre des individus précis, comme nous l'avons vu. Pourquoi ? Pour l'unique raison que l'IPTO à cette époque ne regroupe pas plus de trois personnes !

Cette donnée est également essentielle à prendre en compte pour mieux saisir, à la fois le fonctionnement de ce service et sa place au sein de l'agence. Car les moyens humains traduisent, comme le budget, l'importance reconnue alors à la recherche informatique par l'ARPA.

Or durant presque toute la décennie 60, l'IPTO disposera de très peu de moyens humains, limités à un effectif de trois ou quatre personnes : le Directeur, un adjoint administratif et une secrétaire.

---

[30] Par ailleurs, Robert Taylor poursuivra la politique instaurée par Licklider d'un financement pluri-annuel pour plusieurs contrats, assurant une garantie essentielle aux chercheurs.

La seule nouveauté, dans cet organigramme simplifié à l'extrême et instauré sous Licklider, viendra du recrutement d'un conseiller scientifique.

A son arrivée en septembre 1964, Ivan Sutherland va d'abord se retrouver avec une seule secrétaire comme collaboratrice puisque l'adjoint de Licklider, le Colonel Buck Cleven, rejoint l'équipe de direction de l'ARPA[31]. Sans doute cette situation, difficile pour le jeune nouveau directeur, a-t-elle décidé le recrutement d'un conseiller scientifique extérieur au Pentagone en la personne de Robert Taylor.

Plus tard vers 1966, Robert Taylor, devenu alors responsable de l'IPTO, recrutera un administratif, Allan Blue, qui fera le travail de gestion et de suivi des contrats que faisait Buck Cleven[32]

Sous la direction de Taylor entre 1966 et 1969, l'IPTO voit donc ses effectifs « s'étoffer » à l'image de son budget, mais dans des limites assez strictes.

Résumons. Au total, Taylor, en tant que Directeur de l'IPTO, va recruter en 1966-67 trois personnes :

- Allan Blue, comme assistant administratif ;
- Barry Wessler, un jeune chercheur qui deviendra son nouvel adjoint pour les relations avec les *ARPA's Contractors* ;
- et Larry Roberts, qui arrivera à l'IPTO au début 67, comme *Chief Scientist* chargé du projet d'interconnexion des sites de l'ARPA.

A partir de l'arrivée de Roberts en 1967, une nouvelle répartition des tâches va s'opérer entre les deux hommes, qui se partageront la direction de l'IPTO : Taylor se chargera du management des contrats et de la gestion administrative, tandis que Larry Roberts prendra la direction scientifique.

Et en 1967-69, la véritable équipe de l'IPTO aux yeux des dirigeants de l'ARPA (Lukasik) est en fait représentée par le trio Taylor-Roberts-Wessler (Allan Blue restant plutôt assimilé aux services centraux de l'ARPA).

A la fin des années 60, l'IPTO regroupe donc à peine cinq personnes (dont une secrétaire) ; l'équipe restera aussi réduite sous la direction de Roberts entre 1969 et 1973, passant de trois

---

[31] Il s'agit là d'une autre conséquence du problème du grade militaire : Sutherland étant simple lieutenant, le Pentagone ne peut lui laisser comme subalterne un colonel !

[32] Allan Blue, qui travaillait déjà à l'ARPA au *Director's Program Management Office*, jouera un rôle important dans le service et sera l'une des « mémoires » de l'IPTO, puisqu'il y restera jusqu'en 1977.

personnes (aux côtés du Directeur) à quatre en 1973. Aujourd'hui l'IPTO, devenu l' ISTO (*Information Science and Technology Office*) depuis 1986, regrouperait 20 ou 25 personnes.

On comprend mieux dès lors ce caractère informel et personnel des relations entre les dirigeants de l'ARPA et les responsables de l'IPTO dans les années 60, que souligne Stephen Lukasik :

> *« So, you know, interacting with the office means having lunch with three other people, or two of the three. »*[33].

Il est d'autant plus intéressant de comprendre comment une équipe aussi réduite va réussir le tour de force de « mobiliser » autour d'elle tout un champ scientifique et de lancer ce qui sera l'ancêtre du plus grand réseau mondial. Part du génie individuel ou position et action stratégique dans des réseaux d'acteurs ? Selon que l'on penche pour le modèle de la diffusion ou celui de la traduction, la réponse ne sera pas la même.

Pour nous, il est clair que le « génie » ou le talent individuel de ces pionniers d'ARPANET, aussi indéniable soit-il, ne suffit pas à expliquer l'émergence d'un tel réseau. Sans la « force de frappe » financière et la puissance de l'immense « réseau » qu'est le Pentagone sur lequel ils s'adossent, les individualités de l'IPTO ne peuvent rien. Mais à l'inverse, sans le talent d'organisateur, la volonté et les idées de ces individualités, la puissance de l'ARPA et du Pentagone aurait pu se noyer dans les sables bureaucratiques et ARPANET naître plus tard, ailleurs ou autrement.

Le succès de l'innovation scientifique et technique provient de cette rare alchimie entre des idées, des projets, des techniques, des hommes, des puissances politiques et des moyens financiers. Que l'un ou l'autre de ces composants vienne à manquer, que le réseau des différentes forces concernées vienne à se rompre et l'innovation peut ne pas voir le jour. Nous verrons ainsi l'échec du Rapport Baran comme un exemple « symétrique » (au sens du « principe de symétrie ») du succès d'ARPANET. Là où les dirigeants de l'IPTO vont réussir à intéresser et enrôler autour d'eux les alliés les plus divers, Paul Baran ne parviendra pas à « détourner » ses adversaires trop puissants vers son projet.

---

[33] S. LUKASIK, *Interview by Judy E. O'Neill. 17 October 1991.Redondo Beach, CA*, Charles Babbage Institute., Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1991, p. 7

4.3.3 Une floraison de projets

Quelle va être l'action des deux successeurs de Licklider en matière de projets et de contrats de recherche ? Nous rappellerons ici les différents projets informatiques soutenus par l'IPTO pendant ces années qui précèdent immédiatement le lancement d'ARPANET. L'émergence de ce réseau doit être en effet replacée dans le contexte plus large de la politique de recherche soutenue par l'ARPA/IPTO.

4.3.3.1 Les contrats sous Sutherland : 1964 - 1966

Ivan Sutherland, malgré la brièveté de son passage à la tête de l'IPTO (moins de deux ans), va développer cependant de nombreux projets de recherche. On résumera son action en distinguant les trois types de projets suivants :
- la poursuite des contrats commencés par Licklider ;
- les projets qui portent la marque de Sutherland ;
- et les premiers projets de mise en réseau.

4.3.3.1.1 La poursuite des contrats de Licklider

L'une des règles implicites des responsables de l'IPTO sera de reprendre et continuer les projets des prédécesseurs, du moins au début du nouveau mandat de Sutherland. A partir de Taylor et surtout Roberts, la continuité sera moins assurée. Mais en 1964, le jeune lieutenant Sutherland, arrivé à l'IPTO par l'entremise de Licklider, ne peut que continuer le financement des projets de ce dernier.
Fin 1964, quatre contrats importants sont en cours : trois de *time-sharing* (le *Project MAC* avec le MIT, le contrat avec SDC et celui avec Berkeley) et un sur l'Intelligence Artificielle (projet de l'Université Carnegie Mellon avec Perlis et Newell). Il faut y ajouter le contrat avec le SRI et Engelbart, dont ne parle pas Sutherland.

Nous avons déjà évoqué le lancement sous Licklider du projet à l'Université de Berkeley[34]. Très modeste au départ, le projet de connexion à distance entre Berkeley et la SDC, conduit par David Evans et Harry Huskey, évoluera sous l'impulsion de quelques jeunes doctorants qui proposent de construire leur propre système de *time-sharing* et de l'implanter sur l'ordinateur de

[34] Voir le point 4.1.4.3.1 : « Peu de contrats... ».

l'université, un SDS 930. Cette transformation vers 1964-65 du projet de Berkeley sera un plein succès, le *Project Genie* (selon son nom) devenant le deuxième grand projet de *time-sharing* après le *Project MAC*. Pour Sutherland, le *Project Genie* a été une réussite, non seulement au plan technique mais aussi au plan humain, par la constitution d'une pépinière de chercheurs, dont est issu notamment Butler Lampson[35]. En faisant de l'Université de Berkeley l'un des hauts lieux du *time-sharing* dès 1964, le *Project Genie* est ainsi en bonne partie à l'origine de la notoriété de l'université en matière de recherche informatique, ce qui se traduira quelques années plus tard par sa participation essentielle au réseau ARPANET.

4.3.3.1.2 Projets spécifiques menés par Sutherland

Deux projets importants sont l'oeuvre personnelle de Sutherland et resteront associés à son nom : le *Macromodule* et *l'ILLIAC IV*. A la différence des autres contrats, ils concernent plutôt le domaine du matériel, i.e. le *hardware*.

Le *Macromodule* est un projet mené à l'Université Washington à Saint-Louis, dans lequel nous retrouvons les premiers réseaux du MIT des années 50, qui ont essaimé dans d'autres universités : ce travail de recherche réunit en effet des chercheurs que Sutherland a connus au Lincoln Lab, comme Wes Clark et quelques anciens de l'équipe du TX-2.

Le projet est soutenu financièrement en majeure partie par le NIH (*National Institutes of Health*) et pour moins de la moitié par l'ARPA. L'objectif du *Macromodule* est de développer une activité informatique plus flexible, basée sur différents modules pouvant être connectés les uns aux autres pour construire des ordinateurs sur commande. Une sorte d'ordinateur modulaire, comme l'indique son nom.

L'ILLIAC IV est le projet le plus important mené par Sutherland et le plus coûteux en dollars. Il s'agit d'un projet de construction d'un grand ordinateur à architecture parallèle, développé à l'Université de l'Illinois. Elaboré par Slotnik, avec le concours de Sid Fernbach, le projet *ILLIAC* recueille le soutien total de Sutherland et de Herzfeld, alors Directeur de l'ARPA. Il concernera aussi deux entreprises : Burroughs, principal partenaire et Texas Instruments.

L'ILLIAC restera le principal symbole de « l'ère Sutherland » à l'IPTO, selon Taylor pour qui Licklider, en revanche, n'aurait pas financé ce type de projet concernant le *hardware*.

---

[35] Butler Lampson, jeune chercheur très doué, sera appelé à jouer un rôle important dans l'histoire de l'informatique, puisqu'il sera notamment, selon Taylor, l'un des inventeurs du réseau local *Ethernet* (aux côtés de Bob Metc.alfe), de l'imprimante laser et de plusieurs autres dispositifs, avant de devenir l'un des responsables de DEC.

Dans les autres contrats de recherche signés par Sutherland, il faut également mentionner le soutien aux recherches en Intelligence Artificielle. L'IA sera d'ailleurs l'un des thèmes de prédilection de l'ARPA/IPTO, dès l'origine. A l'époque de Sutherland en 1964-66, les deux meilleurs sites de recherche en IA sont le MIT et Carnegie Mellon[36].

Enfin, les recherches sur les systèmes graphiques (*graphics*) portent la marque de l'un des plus grands spécialistes du domaine de cette époque[37]. A la tête de l'IPTO, Sutherland va ainsi apporter le soutien de l'ARPA aux premiers travaux sur les systèmes graphiques, notamment à l'Université du Michigan et à la RAND Corporation. Ces recherches seront amplifiées sous Taylor, comme nous le verrons.

4.3.3.1.3 Les premiers projets de mise en réseau

Dans le domaine de l'interconnexion des ordinateurs, Sutherland n'a pas joué un rôle aussi capital que son successeur mais il faut cependant mentionner deux projets, qui auront des destins inverses : le premier est un échec total resté méconnu, tandis que le deuxième est un demi-succès et constitue un jalon technique important dans la naissance d'ARPANET.

Le premier projet est en effet très peu connu car il n'a pas abouti : il s'agit d'un projet de réseau d'ordinateurs, développé à UCLA (*University of California at Los Angeles*) en 1964-65. Dans son interview, Sutherland en parle comme de son principal et premier projet personnel[38].
Très imprégné des idées de Licklider sur le « Réseau intergalactique » et les réseaux d'ordinateurs et voulant lui être fidèle, il propose, dès son arrivée à l'IPTO, aux gens de UCLA la réalisation d'un programme de mise en réseau des trois ordinateurs centraux de l'université. A ce moment-là, l'Université de Los Angeles, déjà bien équipée, dispose de trois gros ordinateurs, autour desquels travaillent trois groupes de recherche.
Mais ce projet de réseau local n'aboutira pas car il ne correspond ni aux besoins ni aux désirs des gens de UCLA, qui ne souhaitent pas du tout coopérer ni partager leurs ressources.

---

[36] Deux équipes distinctes, menées par Newell à Carnegie Mellon et par Minsky au MIT, représentent alors deux conceptions différentes de l'IA, toutes deux soutenues par l'ARPA.

[37] Rappelons que Sutherland s'est rendu célèbre par son *Sketc.hpad*, premier crayon optique permettant d'obtenir des graphiques sur écran.

[38] Comme nous le verrons plus loin, la quasi totalité des projets soutenus par l'ARPA proviennent d'initiatives des chercheurs contractants et non des directeurs de l'IPTO.

L'explication de l'échec de ce tout premier projet (si l'on excepte le *Project MAC*) de mise en réseau interne est intéressante : selon Taylor, les gens de UCLA ne parlent pas de réseau interactif, car ils ne connaissent pas à ce moment-là ces systèmes. Les systèmes dominants à UCLA sont ceux du *batch processing* et d'un point de vue technique, l'interconnexion de leurs trois ordinateurs ne leur apporterait rien. Mais la véritable raison de cet échec est peut-être à chercher dans le versant « social » du « tissu sans coutures » de l'innovation.

Pour Taylor, le partage des ressources, la mise en place d'un réseau ou d'un système de *time-sharing*, comme au MIT par exemple, présupposent toujours l'existence d'une communauté de chercheurs, désireux de travailler ensemble. Taylor insiste beaucoup sur cet aspect social et sur le rôle de medium joué par l'ordinateur dans la formation d'une communauté humaine. Et par ailleurs :

> *« there wasn't any evidence of that in the UCLA case, because first of all, there were not new timesharing systems coming up at UCLA. UCLA didn't have any timesharing activities... »*[39].

On retrouve l'absence de *time-sharing* comme explication d'un échec de mise en réseau.

Aussi le projet de Sutherland à UCLA a-il peu de chances d'aboutir, car il ne s'appuie pas sur des forces susceptibles de le reprendre à leur compte et ne dispose pas des substrats techniques nécessaires.

Cet exemple limité et resté obscur illustre une fois de plus cette loi fondamentale de l'innovation scientifique et technique : l'entremêlement total des facteurs techniques et sociaux dans l'innovation et la capacité des forces sociales à créer de solides réseaux socio-techniques comme condition du succès d'une innovation. Pour mettre des ordinateurs en réseau, il faut à la fois une communauté de gens désirant ce partage des ressources et des systèmes techniques qui le permettent. Nous sommes bien dans des phénomènes de co-production de la « technique » et du « social ».

Le deuxième projet lié aux réseaux soutenu par Sutherland est beaucoup plus connu : il s'agit de la première tentative de connexion à grande distance entre ordinateurs, menée par Marill et Roberts. Mais nous le présentons dans le chapitre suivant avec la description de la montée en force du thème du réseau.

Sutherland, souvent oublié des histoires d'ARPANET[40], a joué un rôle loin d'être négligeable dans la mise en place des fondements du futur réseau. Non seulement il aura soutenu des projets informatiques importants (comme l'ILLIAC IV ou le *Macromodule*) et ouvert la voie à ARPANET (avec la liaison Marill-Roberts), mais il aura surtout renforcé, avec Taylor, le réseau

---

[39] R. TAYLOR, *Interview by William Aspray. 28 February 1989. Palo Alto, California, art. cit.*, p. 19

[40] Il est par exemple très peu cité par Hafner-Lyon et par les Hauben.

social de l'ARPA. Ses différents projets sont rappelés sur le schéma suivant ; ils sont regroupés selon leur nature (*time-sharing*, *hardware*, IA, etc.) et non selon leur chronologie.

Rappel de la légende des schémas

I/ Les ENTITES (acteurs et actants, intermédiaires...) : cinq types d'entités

1- Les Acteurs organisationnels, les « acteurs-réseaux » (par ex. un thème de recherche) : en **Majuscule** ou **Minuscule Gras**. Ex. : **ARPA**, **TIME-SHARING, Lincoln Laboratory**...

2- Les Acteurs humains : en **Minuscule Gras**. Ex. : **Licklider**, **Roberts**...

3- Les Artefacts et les projets techniques : en ***Minuscule ou Majuscule Gras Italique.*** Ex. : ***IMP***, ***CTSS, Project MAC, Whirlwind***...

4- Les Textes : en *Minuscule Normal Italique* et entre « ». Ex. : *« Conceptual Framework »*

5- Les Evénements : en **Minuscule Gras** et Normal. Ex. : **Avril 1967** Réunion des ARPA's Contractors

II/ Les POLES : trois pôles

- le pôle S (Scientifique) : universités, laboratoires de recherche, agences civiles de financement de la recherche, associations scientifiques...

- le pôle A (Armée) : agences militaires de financement, organismes et armes du Pentagone (Navy, US Air Force, Army), par extension instances du pouvoir politique.

- le pôle E (Entreprises) : toutes les entreprises privées ou para-publiques, spécialisées dans l'informatique, les télécommunications...

III / Les RELATIONS et OPERATIONS DE TRADUCTION entre ENTITES

1- Les relations de toutes natures (appartenance, « intéressement », association...) entre deux entités ou entre deux pôles : ——————→

2- Les flux financiers (financements des projets par une agence) : ----------→

3- Les opérations indiquant une « mobilisation », une forte convergence d'acteurs/actants, autour d'un projet ou d'un acteur-réseau : ═══════→

4- Les transformations de projets ou d'acteurs, résultats de diverses micro-opérations de traduction : ═══════⇒

Schéma 3.5 La filière ARPA/IPTO : Sutherland 1964-1966

4.3.3.2 La politique ambitieuse de Taylor

L'action de Robert Taylor à la tête de l'IPTO est davantage connue, car elle est incontestablement plus dense. Deux explications à cela : Taylor est volontaire pour venir travailler à l'IPTO (contrairement à Sutherland) et il y restera plus longtemps.
Le symbole le plus fort de l'oeuvre de Robert Taylor est bien sûr ARPANET, dont Taylor est sans aucun doute le véritable « père ». Il nous semble utile néanmoins de présenter rapidement ses autres actions et projets à l'IPTO, qui ne concernent pas directement ARPANET mais éclairent son émergence.

Quelles sont les grandes caractéristiques de l'action de Taylor à l'ARPA ? La continuité et le changement, pourrait-on résumer.
La continuité s'exprime dès son arrivée à l'ARPA par la poursuite du financement des projets en cours. Taylor se trouve en accord total avec le premier programme mis en place par Licklider et rencontre la plupart des chercheurs en contrat, qu'il estime beaucoup.
Cette continuité se traduit également dans les orientations techniques des projets de l'IPTO. Trois principaux domaines de recherche vont être financés par Taylor, correspondant aux trois domaines soutenus par Licklider puis Sutherland :
- la recherche sur les systèmes (*systems research*), *i.e.* sur le *time-sharing* qui est le premier axe de financement ;
- le graphisme ou les systèmes graphiques (*graphics*), domaine qui va prendre de l'importance ;
- l'intelligence artificielle.

Ces trois domaines se chevauchent souvent, les recherches sur les systèmes incluent ainsi l'informatique interactive et parfois le graphisme.

Concernant spécifiquement le *time-sharing*, Robert Taylor poursuivra le financement du *Project MAC* au MIT. Financé initialement comme un projet de *time-sharing*, le projet de Robert Fano a évolué vers diverses applications, dans lesquelles le *time-sharing* n'est plus qu'un aspect. Aussi le financement du *Project MAC* deviendra-t-il de plus en plus complexe, certains aspects du projet étant financés par l'ARPA, contrairement à d'autres. En fait, le *Project MAC* sera le terme générique d'un ensemble de projets de recherche menés au MIT, concernant le graphisme, le *time-sharing*, l'IA, etc.. Par ailleurs, le projet, financé au départ sur trois années, le sera ensuite sur deux ans. Et il semble que cette complexité, cette prolifération du projet de Licklider et Fano, aît été parfois difficile à gérer par les successeurs de Licklider.

Le changement de politique va concerner les recherches sur le graphisme, dont Taylor rompra la continuité de certains financements, en annulant le contrat établi par Sutherland avec l'Université du Michigan : selon Taylor, la majeure partie des ressources affectées sont utilisées, non pour les recherches sur le graphisme mais pour construire un système de *time-sharing* sur l'IBM 360/67, dont le logiciel ne fonctionne pas[41]. Pour le reste, il continue à financer les projets relativement réduits sur le graphisme, comme celui mené à la *RAND Corporation*[42].

Dans le domaine du graphisme, Taylor va surtout lancer un grand projet personnel, qui marquera l'IPTO de son empreinte et que nous présentons ci-dessous.

Enfin, le troisième domaine des recherches soutenues par l'ARPA est l'Intelligence Artificielle. Taylor assure, là aussi, la continuité et l'ARPA / IPTO va continuer à financer les deux projets commencés par Licklider (celui de Minsky au MIT dans le cadre du *Project MAC* et celui de Carnegie-Mellon, avec Newell comme responsable[43].

A cette époque des années 60, les liens sont encore très forts entre les recherches sur l'IA et les autres travaux de recherche en informatique ; les chercheurs de l'IA constituent une sorte d'avant-garde pour le reste du champ. Et il existe une sorte d'interpénétration entre les deux domaines de recherches que représentent l'Intelligence Artificielle et les systèmes d'exploitation : Taylor donne ainsi l'exemple de Jerry Feldman, considéré comme un chercheur en IA mais aussi dans les systèmes. Nous avons vu également avec John McCarthy, figure emblématique du *time-sharing* et pionnier de l'IA, à quel point les deux secteurs de recherche sont mélangés. Par la suite, il se produira une séparation croissante entre le domaine de l'Intelligence Artificielle et le reste de l'informatique, au fur et à mesure du développement autonome de l'IA et de la constitution d'une communauté de chercheurs ; ainsi, au MIT, l'Intelligence Artificielle donnera lieu à une organisation séparée, avec des financements distincts, etc..

Mais dans les années 65-68, l'informatique est en pleine construction et les terrains de recherche ne sont pas encore bien définis ni balisés.

---

[41] Taylor « *était ennuyé de voir l'ARPA aider IBM à tirer les marrons du feu* », confidence intéressante sur les rapports toujours conflictuels entre les gens de l'informatique interactive et IBM.

[42] Un projet nommé *Project Grail.*

[43] Il va également initier ou soutenir de nouveaux projets d'IA : au SRI où un vrai contrat d'IA est conclu avec Charlie Rosen et Nils Nilson pour la construction d'un robot, à Stanford avec John McCarthy, chez BBN où une partie d'un projet plus vaste comprend des aspects d'IA. La plupart des contrats sur l'IA comportent alors des travaux sur les langages informatiques, notamment le langage LISP. Mais les recherches sur le traitement du langage naturel constituent également un domaine assez riche et soutenu à ce moment-là par plusieurs agences, dont l'ARPA et la NSF.

Dans la politique de Taylor, notons enfin la continuité des recherches sur les architectures de systèmes, avec la poursuite du projet ILLIAC lancé par Sutherland, ainsi que le financement de quelques recherches théoriques fondamentales, comme le travail de John McCarthy ou certains travaux à la CMU.

La politique de Taylor à l'IPTO entre 1966 et 1969 est donc marquée par la diversité des recherches, l'extension des contrats à de nouveaux partenaires mais surtout par deux projets novateurs et ambitieux.

4.3.3.2.1 Le projet de graphisme à l'Université d'Utah : nouveau maillon de la chaîne de traductions d'ARPANET

La grande affaire de Taylor à l'ARPA (exception faite du projet ARPANET que nous traiterons bien sûr spécifiquement) est la recherche sur le graphisme. Le projet développé à l'Université d'Utah avec Dave Evans sera ainsi le seul véritable projet centré uniquement sur les systèmes graphiques et lancé sous la responsabilité personnelle directe de Taylor.

Dans l'entrelacs compliqué des déplacements des acteurs et des enchaînements de traductions de toutes sortes du processus d'émergence d'ARPANET, ce projet de Taylor à l'Université d'Utah tient une place importante.

En amont, il fait la jonction avec le *Project Genie* de Berkeley par l'un des acteurs du projet, Dave Evans, que nous avons signalé plus haut. Dans le courant de l'année 1966, Dave Evans, devant le succès du *Project Genie*, informe Taylor, devenu directeur de fait de l'IPTO, de son désir de retourner chez lui à Salt Lake City, où l'Université d'Utah lui demande de prendre la direction du tout nouveau département d'informatique, le *Computer Science Department*. Dave Evans est très intéressé par le graphisme et Taylor et lui décident de créer un « centre d'excellence » sur le graphisme dans cette université, financé par l'ARPA.

Si l'on dévide en aval la « lignée » de ce projet de *graphics*, on observe trois faits intéressants concernant l'émergence d'ARPANET.

Le projet, commencé par Dave Evans en 1966, va en effet se développer et attirer à lui de nombreux chercheurs. Et un tel projet de recherche sur les systèmes graphiques ne peut laisser indifférent cet autre grand spécialiste du domaine qu'est Ivan Sutherland. Celui-ci, après son départ de l'ARPA en juin 1966 pour Harvard[44]où il restera deux ans, rejoindra donc en 1968

[44] Où il fera financer ses recherches par les Laboratoires Bell et aussi partiellement par la CIA.

Dave Evans à l'Université d'Utah, qui fait appel à lui pour venir l'aider dans ses recherches. Les deux chercheurs créeront ainsi une entreprise, la « *Evans and Sutherland company* »[45].

Le deuxième élément à relever est, bien sûr, le choix de l'Université d'Utah comme quatrième site d'ARPANET, en raison de ces travaux pionniers de Evans et Sutherland sur les systèmes graphiques[46].

Enfin ce projet mobilisera autour de lui les deux directeurs de l'IPTO, puisque Robert Taylor rejoindra à son tour Sutherland et Evans, lorsqu'il quittera définitivement l'ARPA en 1969.

La création de ce « centre d'excellence » du graphisme, bien dans la tradition élitaire de l'ARPA, constitue donc le premier maillon de la longue chaîne de traductions qui fera de l'Université d'Utah l'un des premiers sites d'ARPANET.

---

[45] Sutherland mènera à cette époque une double activité de recherche : une activité privée avec son entreprise, qui ne reçoit pas de subventions de l'ARPA mais seulement quelques crédits de l'ONR et publique avec ses recherches à l'Université d'Utah, financées elles par l'ARPA. Ses étudiants deviendront des « *ARPA's Contractors* ».

[46] Nous y reviendrons dans le point 5.3.1.2.4 : « Utah et la chaîne... ».

Schéma 3.6 La filière ARPA/IPTO : Taylor 1966-1968

4.3.3.3 Renforcement du réseau des ARPA's Contractors

Si l'action de l'ARPA/IPTO en était restée au simple financement de divers projets informatiques proposés par les chercheurs des universités, l'ARPA n'aurait été qu'une agence de financement de plus, certes la mieux dotée en moyens financiers ; mais son action n'aurait pas été fondamentalement différente de celle de l'ONR, de la NSF ou du NIH (hormis son mode de management très particulier sur lequel nous revenons plus loin).

L'une des principales spécificités de l'ARPA/IPTO réside, selon nous, dans la constitution de ce réseau de chercheurs en contrat avec l'agence. Certes, les autres agences de recherche (l'ONR, le NIH, etc.) constituent également des formes de réseaux *de facto* (au sens de la sociologie de la traduction) avec leurs contractants, leurs intermédiaires, leurs projets, etc. - réseaux que nous connaissons d'ailleurs très peu[47] - mais celui de l'ARPA nous semble être le seul réseau délibérement construit.

Mis sur pied et théorisé par Licklider, qui l'a baptisé avec humour *l'Intergalactic Network*, le réseau des *ARPA's Contractors*, qui correspond au choix des premiers sites de recherche, des premières équipes et des premiers projets financés par l'ARPA, va être méthodiquement construit et organisé par Sutherland et surtout Taylor.

Il s'agit d'un réseau très réduit : vers le milieu des années 60, il regroupe une vingtaine de chercheurs (selon Hafner-Lyon), entourés de quelques dizaines d'étudiants de 3ème cycle. Wes Clark, qui en est membre, parle de trente *ARPA's Contractors* en 1967. Rien d'étonnant donc que des relations très étroites unissent les membres de cette petite communauté de chercheurs, qui se connaissent souvent depuis longtemps. Contacts téléphoniques, réunions, visites, premières formes rudimentaires de courrier électronique dès 1964[48]: le réseau des *ARPA's Contractors* constitue déjà de manière spontanée un collège invisible de la recherche informatique. Mais avec l'action de l'IPTO et particulièrement de Taylor, ce « collège invisible » sera transformé en un véritable réseau organisé et doublement structuré.

Le signe le plus tangible de cette organisation des *ARPA's Contractors*, sans doute unique dans le champ de la recherche informatique d'alors, est la réunion annuelle des chercheurs. Décidée

---

[47] Il aurait été intéressant de pouvoir comparer ces différents réseaux de chercheurs : est-ce qu'ils se recoupent, avec quelles agences les chercheurs sont-ils le plus souvent en contrat, sont-ils nombreux à être financés par plusieurs agences à la fois comme nous avons vu le cas avec Engelbart, Fano et Corbato, combien de chercheurs en moyenne chaque agence finance-t-elle, etc. ? Le seul élément (très partiel) de réponse que nous ayons concerne la NSF, dont les chercheurs en contrat ne semblent pas être les mêmes que ceux de l'ARPA, selon l'interview de Frederick Weingarten, administrateur à la NSF.

[48] Selon HAFNER et LYON. Voir K. HAFNER, *op. cit.*, p. 19

en 1965 par Taylor, cette rencontre annuelle des PI (*Principal Investigators*) de l'ARPA va devenir un puissant vecteur pour le renforcement du réseau. Lors de ces rencontres, qui se déroulent chaque année dans une université différente[49] et durent quelques jours, chaque PI doit intervenir pendant une ou deux heures pour donner une description précise de son projet de recherche : l'état d'avancement, les résultats, les difficultés, etc..

Ces réunions vont jouer, dans la constitution du réseau humain de l'ARPA/IPTO, un rôle-clé défini, selon le témoignage de Taylor, à travers les quatre aspects suivants :

- **l'échange, la circulation des informations** : chaque chercheur sait ce que font les autres, une grande transparence interne caractérise la recherche informatique à cette époque ;

- la coopération, l'entraide : pour Taylor, les groupes de chercheurs ne doivent pas seulement s'informer mutuellement, ils doivent aussi s'entraider pour résoudre les problèmes techniques. Ces réunions sont ainsi l'occasion d'une véritable mutualisation des connaissances et confèrent à ce réseau des ARPA's Contractors un mode coopératif de fonctionnement, qui lui assurera une très grande force comme le démontrera la naissance d'ARPANET. Si la compétition n'est pas exclue entre chercheurs, l'entraide, la coopération, la fertilisation des travaux et des recherches est l'un des objectifs explicites des dirigeants de l'IPTO ;

- **l'émulation, l'enrichissement intellectuel :** les nombreuses discussions, les échanges, les confrontations, les désaccords ne peuvent qu'élever le niveau général des recherches et stimuler la créativité des chercheurs ;

- **enfin la promotion des jeunes diplômés** : assez vite se développe l'idée de promouvoir également les échanges entre les doctorants de chaque PI. Taylor met donc sur pied (en 1966 ou 67) une conférence des « *ARPA graduate student* ». Organisées et animées par l'adjoint de Taylor, Barry Wessler[50], dont ce sera la tâche principale à l'IPTO, ces réunions des doctorants de l'ARPA sont organisées sur le modèle de celles des PI.

Ainsi le réseau des PI se double-t-il du second réseau des doctorants, dont les réunions visent les mêmes objectifs que celles des chercheurs confirmés et aboutissent au même résultat : celui d'étendre et de consolider fortement ce double réseau de chercheurs et de doctorants, se

---

[49] La première année, en 1965 pendant le Mardi Gras, la réunion a lieu à l'Université de New Orleans, puis à l'hiver 1966 à Snowbird dans l'Utah, en 1967 à Ann Harbor au Michigan, une autre fois à l'Université d'Hawaii.

[50] La première conférence des jeunes doctorants se tient ainsi à Champaign-Urbana et, pour cette occasion, Taylor demande à chaque PI de choisir deux de ses meilleurs doctorants pour les envoyer, aux frais de l'ARPA, à cette conférence. Confidence étonnante de Taylor : se trouvant lui-même trop âgé pour participer aux travaux des doctorants (il a alors un peu plus de trente ans !), il enverra son jeune et nouvel adjoint, Barry Wessler, pour animer cette réunion.

connaissant bien et restant en contact permanent avec le « centre », situé à Washington dans un bureau au troisième étage du « D Ring »[51]du Pentagone.

Car les relations entre le réseau des contractants-doctorants de l'ARPA et le directeur de l'IPTO seront toujours très étroites. Sutherland prend par exemple l'habitude de consulter régulièrement et de manière informelle les différents chercheurs, qui le conseillent et lui précisent leurs besoins. Il sera d'ailleurs toujours en voyage pour rencontrer les chercheurs de l'ARPA et restera en relation constante avec eux[52]

Sous la direction de Taylor, les relations entre l'IPTO et ses contractants restent aussi régulières, car Taylor aura à coeur de visiter chaque centre en contrat avec l'agence au moins une ou deux fois par an, parfois plus. Elles se formalisent davantage avec l'organisation des réunions annuelles, mais surtout elles vont changer de nature : alors que Sutherland est plutôt à l'écoute des PI et à leur service, Taylor a une attitude beaucoup plus active, organisant le cadre des réunions, exigeant des rapports, donnant des directives aux chercheurs, etc.. Se comportant parfois de manière autoritaire, il aura d'ailleurs des rapports conflictuels avec plusieurs chercheurs. Les deux directeurs de l'IPTO développent donc chacun des relations assez différentes avec le réseau des chercheurs contractants, ce qui ne sera pas sans conséquences importantes sur le processus d'émergence d'ARPANET. Nous le verrons avec l'évocation du rôle de Taylor dans le lancement du projet.

4.3.3.3.1 Des moyens techniques de communication de pointe mais... incompatibles

Outre le téléphone, le courrier postal et les rencontres directes, de quel autre moyen de communication disposent à cette époque les responsables de l'IPTO ? Placés à la tête de la recherche informatique et en relation avec des sites de recherche dispersés aux quatre coins du pays, les gens de l'IPTO ne peuvent pas ne pas disposer des moyens parmi les plus performants de l'époque en matière de communication à distance.

---

[51] Le Pentagone est constitué de bâtiments disposés en anneaux (*Ring*) désignés d'une lettre et le bureau de l'IPTO se situe alors dans le *D Ring* (l'anneau D), jouxtant l'anneau extérieur, dit E, réservé aux responsables du DoD, où siègent les dirigeants de l'ARPA.

[52] Notamment avec ceux des trois projets importants qu'il conduit : l'équipe du Macromodule qu'il connaît depuis longtemps (Wes Clark et les chercheurs du Lincoln Lab), l'équipe du projet de Berkeley, notamment Butler Lampson et Dave Evans (que Sutherland retrouvera à Utah) et les chercheurs du projet de l'ILLIAC (Slotnik, qui a lancé le projet et Mel Pirtle).

Aussi à proximité immédiate du bureau du Directeur de l'IPTO, trois terminaux sont à sa disposition. Connectés chacun à trois sites importants du réseau des *ARPA's Contractors*[53], ils permettent de suivre à distance les travaux effectués, voire d'envoyer des formes rudimentaires de messages électroniques.

Il s'agit là de moyens de communication très rares à cette époque, où les réseaux de terminaux ne sont pas encore développés. Mais ces terminaux de connexion sont incompatibles, chacun étant installé sur une ligne dédiée.

> *« Chaque terminal était l'extension d'un environnement informatique distinct - par le langage de programmation, le sytème d'exploitation, etc. - tournant sur chaque ordinateur au loin. Chacun avait une procédure de connexion spécifique. »*[54].

Ce matériel hétérogène, installé par Licklider aux débuts de l'IPTO, « traduit » parfaitement en tant qu'embryon de réseau technique le premier réseau humain de l'ARPA/IPTO, puisque les trois sites connectés correspondent exactement aux premiers contrats développés par le fondateur de l'IPTO.

Comme le soulignent avec justesse Katie Hafner et Matthew Lyon, ces trois terminaux sont le reflet à la fois de la force de ce réseau humain mais aussi des limites de la technique et des difficultés de communication, dues à des matériels et des réseaux distincts et hétérogènes.

Mais ce reflet est très partiel et l'on peut constater que ce matériel qui date des débuts de l'IPTO n'a pas été développé par la suite ; les autres sites en contrat avec l'ARPA ne semblent pas reliés au plan informatique avec le centre.

Le réseau socio-technique, qui se lit dans ces trois terminaux, a donc trois caractéristiques essentielles :

- il est **unidirectionnel** : les centres de recherche ne sont pas reliés entre eux et c'est la « tête du réseau », *i.e.* l'IPTO, qui a l'initiative de la connexion par terminal ;
- il est **parcellaire** : seuls trois centres sont reliés sur la douzaine ou quinzaine de sites ;
- il est **incompatible** : matériels et lignes dédiées, procédures spécifiques, etc..

Nul doute que les insatisfactions de Taylor devant cette machinerie limitée et compliquée de communication vont jouer un rôle dans l'initiative de Robert Taylor de construire un véritable réseau d'ordinateurs[55].

---

[53] Les dirigeants de l'IPTO sont ainsi en relation, par une machine à écrire modifiée, *IBM Selectric*, avec un ordinateur du MIT (probablement celui du *Computation Center* sur lequel travaille Corbato). Un télétype (sorte de grande machine à écrire) *Model 33*, est relié à l'ordinateur de l'Université de Berkeley du *Project GENIE*. Et un autre télétype *Model 35* est connecté à l'ordinateur *Q-32* de la SDC à Santa Monica.

[54] HAFNER, LYON, *op. cit*, p. 18

[55] De là à en faire la « cause » du projet d'ARPA Network, comme on peut le lire parfois sur certaines histoires disponibles sur le web, il y a un pas important que nous ne franchirons pas.

4.3.4 Originalité du management de l'ARPA/IPTO

Nous avons vu les différentes modalités de la consolidation et de l'extension de l'IPTO, en tant qu'acteur-réseau : des moyens financiers, de nombreux projets de recherche, un réseau structuré de chercheurs, des relations étroites entre le centre et les points du réseau...

L'ARPA/IPTO, avons-nous suggéré en introduction, devient au cours de cette période l'acteur majeur de la recherche informatique. Elle n'est pourtant pas la seule agence de financement de la recherche et il est important de situer son rôle et sa place dans le champ plus large des agences de soutien à la recherche informatique. Si la « centralité » de l'ARPA dans une cartographie des acteurs de l'époque reste une hypothèse, la place de « leader » de l'ARPA, en termes de moyens financiers, est par contre bien établie. Mais la position dominante de l'ARPA/IPTO dans le financement de la recherche informatique n'est pas dû seulement à l'abondance de ses moyens. Il faudra plus que de simples moyens financiers, aussi importants soient-ils, pour faire émerger un objet technique aussi important et nouveau qu'ARPANET. Après les facteurs « humains » que nous avons évoqués (dans les relations entre les directeurs et les contractants, etc.), il nous faut donc expliquer cette autre clé essentielle du succès de l'ARPA/IPTO, tenant à ce mode de management très particulier qui distinguera l'agence de Licklider de toutes les autres.

4.3.4.1 Quels autres acteurs dans le financement de la recherche informatique ?

Pour mieux appréhender la position de l'ARPA dans le champ de la recherche informatique, il convient d'évoquer brièvement celle des autres agences de recherche.

Au total (sous réserve de recherches plus approfondies), nous avons répertorié trois catégories d'agences de financement des recherches informatiques :

- les **agences purement militaires**, dépendant des trois armes du Pentagone, dont certaines ont déjà été rencontrées plusieurs fois dans notre récit : l'agence de la *Navy* (l'ONR), celle de l'Air Force (l'AFOSR) et l'agence de l'Army ;
- les **agences militaro-civiles,** liées à la défense nationale : on peut mettre dans cette catégorie, qui peut paraître imprécise, l'ARPA et l'agence de la NASA[56] ;

[56] Selon nous, l'ARPA, bien que dépendant directement du Pentagone, a une dimension « civile » importante, comme le montre l'exemple de l'IPTO qui finance plutôt des recherches à but civil. La dimension militaire de l'ARPA est bien réelle (voir les autres programmes de recherche) mais se trouve nuancée dans le domaine informatique, le seul qui nous intéresse ici. Notre typologie, sûrement contestable, se veut surtout plus « pratique » que rigoureuse.

- enfin les agences purement civiles et académiques : essentiellement la NSF et le NIH.

Ces agences ne financent pas seulement la recherche informatique et couvrent de nombreux domaines scientifiques. Tâchons de résumer les relations de l'ARPA avec ces différentes agences et surtout l'importance respective de chacune, en précisant qu'il ne s'agit ici bien sûr que du financement de la recherche informatique.

Nous n'évoquerons pas l'agence de la NASA, sur laquelle nous ne disposons d'aucune information (hormis le fait qu'elle a financé au départ les travaux d'Engelbart).

Parmi les agences militaires gouvernementales, deux agences de recherche paraissent plus ou moins en concurrence directe avec l'ARPA : l'ONR (*Office of Naval Research*) et l'AFOSR (*Air Force Office of Scientific Research*), l'agence de l'Armée de terre ne paraissant pas consacrer beaucoup d'argent aux ordinateurs dans les années 60.

L'AFOSR est depuis longtemps et bien avant l'ARPA l'une des principales agences fédérales de financement de la recherche informatique, comme nous avons pu le voir avec le *Whirlwind*, le réseau SAGE ou la création du Lincoln Lab*oratory* abondamment financés par cette puissante agence de l'*US Air Force*.

L'ONR accorde également des financements aux universités, comme nous l'avons vu au MIT, mais avec des budgets moins importants que ceux de l'AFOSR dans les années 50 et que ceux de l'ARPA ou du NIH dans les années 60.

Qu'est-ce qui va changer avec la création de l'IPTO ? En termes de crédits globaux consacrés à la recherche informatique, la création de l'IPTO et surtout l'obtention de moyens financiers importants pour l'époque a eu, selon Licklider, des effets pervers très nets, concernant notamment l'ONR. Ainsi en 1962-63, l'ONR interprète la nouvelle situation créée par l'IPTO comme lui permettant de se dégager des obligations de financement ; l'agence se serait tenu, selon Licklider, le raisonnement suivant : puisque l'ARPA a de l'argent, qu'elle fasse toute seule la recherche informatique. L'intervention de l'ARPA dans le champ informatique aurait donc provoqué symétriquement un certain désengagement de l'ONR. Concernant l'AFOSR, nous ne pouvons déterminer les conséquences que la création de l'IPTO a entraînées sur les crédits consacrés.

Mais rappelons que l'un des principaux changements dûs à la création de l'ARPA en 1958, puis de l'IPTO en 1962, est la prééminence accordée à l'ARPA sur les autres agences : elles sont parfois des exécutants de ses contrats.

La relation entre l'ARPA/IPTO d'une part et l'ONR et l'AFOSR d'autre part est donc très déséquilibrée : en termes de moyens financiers consacrés à l'informatique - le budget de l'IPTO est supérieur à ceux réunis de l'ONR et l'AFOSR - et surtout en termes de position hiérarchique, l'ARPA se situant « au-dessus » des autres agences du Pentagone. Ainsi la comparaison de l'ARPA/IPTO avec ses « concurrentes » du Pentagone est-elle biaisée par ce profond déséquilibre.

Il n'en est pas de même avec les deux agences civiles, le NIH et la NSF.
Le NIH (*National Institutes of Health*) est un organisme de recherche très important, chargé avant tout du financement de la recherche médicale mais aussi informatique.
Il apparaît souvent comme un « concurrent » ou un partenaire direct de l'ARPA : ainsi le NIH finance-t-il la plus grande partie du Macromodule, soutenu par Sutherland. Au début des années 60, le *National Institutes of Health* soutient des projets importants en informatique dans le seul objectif de faire progresser la technologie : des projets ouverts, collectifs et à grande échelle (de même type que ceux de l'ARPA). Et pendant plusieurs années, le NIH sera, selon Sutherland[57], le seul véritable rival de l'ARPA dans le domaine informatique par l'ampleur des sommes consacrées. Par la suite, vers les années 68-69, se produira une réorientation de la politique du NIH vers des projets ciblés, ayant des applications médicales directes.
De son côté, la NSF (*National Science Foundation*) soutient aussi quelques programmes de recherche informatique, mais ne semble disposer que de crédits relativement limités. La NSF crée cependant dans les années 60 un service chargé du soutien à la recherche informatique, la *Computer Science Division*, sorte d'équivalent de l'IPTO. La *Computer Science Division* sera dirigée pendant plusieurs années par Frederick Weingarten.
En résumé selon Aspray (du CBI), les deux principales agences, capables de financer à grande échelle la recherche informatique, sont donc l'ARPA et le NIH.

Une premier constat s'impose : celui de la diversité des agences de financement de la recherche. L'on aurait tort d'y voir un facteur d'éparpillement des crédits ou de dispersion des forces, c'est-à-dire un signe de faiblesse de la recherche informatique. Loin d'être un handicap, cette diversité des agences de financement est, selon l'opinion de Sutherland, l'une des grandes forces du gouvernement américain et, au-delà, de la recherche scientifique américaine de l'époque. Parce

[57] Sutherland souligne le rôle-clé joué dans les années 60 par Bruce Waxman, qui est au NIH l'homologue du Directeur de l'IPTO.

que sur le terrain, pour un chercheur en informatique, il existe au moins trois ou quatre organismes à solliciter pour obtenir des crédits : l'ARPA, le NIH ou la NSF, l'ONR. Et la force, l'efficacité de la recherche provient de cette diversité même, de ces alternatives possibles : un projet refusé ici peut être financé ailleurs, un financement insuffisant peut être complété, etc.. Pour les chercheurs, la concurrence ou la rivalité entre les agences n'est donc pas un problème mais plutôt un atout. Pour les agences elles-mêmes et notamment l'ARPA, le danger principal qui les guette, selon l'avis de Sutherland, proviendrait plutôt de la bureaucratisation, ce qu'il appelle « l'arthrose ».

D'où l'importance des modes de fonctionnement ou de management de la recherche, propres à chacune. Plus que la hauteur des crédits, les modalités de leur attribution et la définition des objectifs de la recherche sont les véritables clivages distinguant l'ARPA des autres agences.

4.3.4.2 Trois grandes différences entre l'ARPA et les agences civiles (NSF et NIH)

Nous comparerons ici l'ARPA avec les deux agences civiles, la NSF et le NIH, à travers trois types de critères :

- les modes de management de la recherche ;
- les politiques de recherche et les modes de fonctionnement internes ;
- les financements et les types de projets.

4.3.4.2.1 Différence dans les modes de management de la recherche : « *peer review* » *vs* « style ARPA »

D'après Sutherland, la grande différence entre l'ARPA et les agences civiles provient de leur approche des modes de soutien à la recherche informatique. Sutherland évoque[58]et oppose ainsi deux types d'approches :

- celles du NIH et de la NSF, qui sont fondamentalement des approches de type « examen par les pairs », ce qu'on appelle le « *peer review* » ;
- l'approche de l'ARPA, fondée sur les initiatives individuelles de membres de l'IPTO.

Le soutien à la recherche scientifique et technique américaine est ainsi marqué par deux styles, deux mécanismes, deux modes de décision et de gestion, aussi légitimes l'un que l'autre mais aboutissant à des résultats très différents. Loin de s'opposer en effet, ces deux approches peuvent

[58] I. SUTHERLAND, *Interview by William Aspray. 1 May 1989. Pittsburgh, Pa., art. cit.*, p. 20-21

se compléter si elles s'appliquent à des domaines de recherche distincts. Ce qui est le cas dans les années 60 dans la recherche informatique.

Ainsi l'approche « classique » de la NSF et du NIH est-elle bien adaptée à des avancées fondamentales correspondant à des objectifs précis, à une sorte de programmation de la recherche dans un champ scientifique déterminé. Citons Sutherland :

> *« When what you want to do is to provide a large base of research to carry a field forward in the steady progress that you want to have in a field, as NIH does, then it seems to me that the peer review mechanism is excellent. »*[59].

Sutherland donne l'exemple des recherches dans le champ médical, puissamment financées par le gouvernement et dont les crédits sont bien contrôlés et répartis sur tout le territoire, pour lequel le mécanisme du « peer review » s'est avéré excellent pour faire avancer la recherche.
Mais pour l'ancien directeur de l'IPTO, ce mécanisme de l'examen par les pairs est nettement moins bien adapté à l'informatique, où existe une « *grande explosion* » d'innovations. Le champ de l'informatique s'est toujours distingué par son caractère mouvant, en constante innovation. Et Sutherland rappelle également l'importance de la perspicacité visionnaire de quelques uns (comme Licklider ou Roberts). Dans ce domaine en perpétuelle ébullition, le mécanisme du « *peer review* » est donc plutôt « *encombrant* » car il n'encourage pas vraiment les mouvements « *innovants et courageux* ».

Rappelons comment fonctionne alors l'IPTO dans le management des contrats, en précisant d'abord qui est à l'origine des projets de recherche.
Selon Taylor, le principe fondamental d'intervention de l'IPTO est de répondre aux projets volontaires des chercheurs. L'agence, qui reçoit de nombreux projets, ne peut financer qu'une partie d'entre eux et les projets déposés sont accompagnés d'un rapport de travail, discuté avec les dirigeants.
L'origine des projets provient donc essentiellement des chercheurs eux-mêmes et, sous la direction de Taylor, il n'y a pas eu par exemple « d'appel à projets », *i.e.* de RFP (*Request For Proposal*) lancé par l'IPTO[60].
Il faut d'autant plus souligner, dans ce fonctionnement de l'IPTO, le cas exceptionnel d'ARPANET, pour lequel il n'y aura de projet déposé et qui sera ainsi l'un des seuls (voire le seul) projet lancé par l'IPTO lui-même.

---

[59] *Ibid*., p. 20

[60] A part celui qui sera lancé pour la construction des IMP d'ARPANET, appel qui sera d'ailleurs un appel d'offres, une RFQ (*Request For Quotation*).

Ces projets proposés par les chercheurs sont donc discutés directement avec les dirigeants de l'IPTO, qui acceptent ou refusent. On retrouve ici l'importance cruciale des relations individuelles et informelles dans le fonctionnement de l'IPPTO et l'on perçoit à quel point ce type de négociations directes est à l'opposé des mécanismes plus lourds, probablement plus démocratiques mais aussi plus bureaucratiques du « *peer review* ».

Mais la démocratie et l'innovation ne font pas toujours bon ménage, car l'inédit ne rencontre guère l'assentiment de la majorité, dans quelque domaine que ce soit.

Concernant la recherche informatique, il est ainsi particulièrement intéressant de relever le jugement de Sutherland pour qui il est clair que, si ces procédures du « peer review » avaient été en vigueur à l'ARPA, de nombreux projets n'auraient pas pu voir le jour, à commencer par le projet ILLIAC et ... ARPANET.

Pour quelle raison ? Parce que, comme nous le verrons bientôt, il faudra, pour se lancer dans le projet ARPANET, aller à contre-courant de la majorité des chercheurs. Et si « l'avis des pairs » avait été sollicité, le projet n'aurait tout simplement pas été accepté. Constat confirmé par Roberts, qui précise même que s'il y avait eu un vote sur ARPANET, celui-ci n'aurait pas été réalisé, compte tenu de l'opposition assez nette des PI au projet de mise en réseau.

Cette idée de résistance à l'innovation, soulignée par Sutherland, Taylor et Roberts, est très intéressante à prendre en compte, mais ce qui nous intéresse ici concerne plutôt le rapport subtil entre les différents modes de management de la recherche et les chances de succès de l'innovation. L'exemple donné par Sutherland nous montre clairement toute l'importance des mécanismes précis, *i.e.* des types de « traductions » en définitive, retenus pour examiner les projets de recherche.

Ce qui explique en bonne partie les succès de l'ARPA dans son soutien à la recherche informatique d'alors tient donc à son « style », déjà évoqué, fait de souplesse, de rapidité, d'initiative, d'audace, etc.. Mais ce « style ARPA », qui tranche sur l'inadaptation à l'informatique des mécanismes classiques de gestion de la recherche, n'est pas d'abord le fait d'individualités exceptionnelles. Il n'est que la traduction d'une prise de conscience très précoce des responsables américains de la recherche scientifique du caractère particulier de la recherche en informatique, mobile, rapide, innovante, avec un grand rôle des initiatives individuelles, des idées géniales, etc..

Ce caractère un peu brouillon et désordonné de la recherche informatique a été accepté, encouragé, voire théorisé par les dirigeants les plus lucides, dont Licklider comme nous l'avons vu.

Le « coup de génie » des dirigeants de l'ARPA et, au-dessus d'eux, du Pentagone, a consisté à faire le pari de l'expérimentation d'un autre type de gestion de la recherche, plus risqué mais plus productif.

Plus risqué car les mécanismes de contrôle sont moins bien assurés que dans les autres agences fonctionnant en « peer review » : à l'ARPA/IPTO, tout ou presque tout repose sur deux ou trois personnes et surtout sur la capacité de jugement du directeur, seul à trancher de l'intérêt ou non d'un projet.

Nous retrouvons ainsi une fois de plus cette alchimie quasi unique, qui s'est produite au milieu des années 60 entre un mode de management particulièrement bien adapté à l'informatique, une vision stratégique, des moyens importants et des talents personnels pour mettre en oeuvre tout cet ensemble.

4.3.4.2.2 Différence entre l'ARPA et la NSF dans les politiques de recherche

Taylor, dans son interview[61], pointe une autre différence importante entre l'ARPA et les agences civiles et particulièrement la NSF, portant sur les politiques et les objectifs de recherche des deux agences.

Cette seconde comparaison pose d'ailleurs la question de l'opposition « élitisme / démocratie » dans la recherche. Selon Taylor, une vision, assez répandue selon lui, des différences entre l'ARPA et la NSF sépare les deux agences sur ce problème : l'ARPA serait élitiste et la NSF plus démocratique.

De fait, l'observation des deux approches en vigueur dans la gestion des contrats (l'examen par les pairs contre la négociation individuelle chercheur/ IPTO) nous a montré que les règles « démocratiques » ne sont pas le principal souci des dirigeants de l'ARPA/IPTO.

Par ailleurs, l'ARPA finance seulement quelques centres de recherche, alors que la NSF soutient l'ensemble des universités. Et nous avons remarqué déjà que cette notion de « centres d'excellence » est capitale à l'ARPA : introduite par Licklider, elle est poursuivie par les autres directeurs de l'IPTO[62].

---

[61] R. TAYLOR, *Interview by William Aspray. 28 February 1989. Palo Alto, California, art. cit.*, p. 11

[62] Ainsi Taylor veut faire de l'Université d'Utah un centre d'excellence dans le graphisme, comme nous l'avons évoqué plus haut.

Il est donc incontestable que la recherche de l'excellence, de la qualité, de la performance constitue une valeur centrale chez tous les responsables de l'IPTO.

Mais est-ce là que se situe vraiment la différence avec la NSF ? Peut-on présumer que les responsables de la NSF étaient prêts à financer n'importe qui, ou qu'ils n'avaient pas d'exigences vis-à-vis des chercheurs ? Au nom de cette préoccupation de l'excellence, Taylor rejette donc l'accusation d'élitisme de l'ARPA. Pour lui, les modes de financement de la NSF, avec le système des « *peer review* », peuvent être aussi élitistes puisqu'il faut être accepté au préalable par la communauté des pairs pour être financé.

L'opposition entre élitisme et démocratie est donc un faux débat et Taylor souligne plutôt les différences dans les objectifs, les modalités de fonctionnement et les valeurs entre les deux agences.

Ainsi, ce qui distingue vraiment l'ARPA de la NSF, ce sont deux systèmes de valeur et des conceptions très différentes sur la façon de travailler. Taylor rappelle par exemple que l'ARPA a été conçue pour être une organisation à forte réactivité, devant avoir des capacités de réaction et d'action rapides. Cette rapidité de décision et d'action, qui a toujours été dans les années 60 la spécificité de l'agence, implique des règles de fonctionnement simplifiées, des concentrations de moyens.

Par ailleurs, l'ARPA ne prend pas en compte les critères géographiques : elle peut financer des travaux aussi bien sur la côte Est que sur la côte Ouest et délaisser le centre du pays (ce qu'elle fait effectivement). La NSF, en revanche, doit prendre en compte ces critères géographiques et soutenir l'ensemble des universités du pays.

Enfin Taylor souligne une différence structurelle fondamentale entre les deux agences, expliquant leur logique particulière : la NSF est une organisation civile de recherche à part entière, contrôlée par le Congrès, tandis que l'ARPA est une petite organisation au sein du DoD, très réduite par rapport aux parties consacrées au Développement (il existe alors un grand déséquilibre entre la Recherche et le Développement au sein du Pentagone, au profit de celui-ci). La NSF, de son côté, se consacre entièrement à l'organisation de la recherche.

Au lieu de les opposer, Robert Taylor ne cesse donc de montrer la complémentarité des deux agences, reconnaissant que chacune a d'excellentes raisons d'agir comme elle le fait. Et il est intéressant de retrouver le même jugement chez le partenaire ou « l'alter ego » de Taylor à la NSF, Frederick Weingarten, qui est alors « *program officer* » à la *Computer Science Division* de la NSF. Pour lui, les deux agences n'ont pas du tout la même conception ou la même approche de la recherche, mais l'une et l'autre sont nécessaires.

4.3.4.2.3 Différences entre l'ARPA et la NSF dans les financements de projets

Toutes ces particularités des deux agences se traduisent dans les financements des projets.
Taylor, là encore, nous fournit des indications éclairantes, non seulement sur l'ARPA et la NSF, mais au-delà sur certains aspects essentiels du champ de la recherche informatique des années 60.
Les différences entre l'ARPA et la NSF, dans leur politique de soutien, portent sur trois plans : les sommes consacrées, les types de projets et les domaines de recherche.

Concernant les sommes consacrées, Taylor, comme Weingarten, souligne l'écart considérable entre les agences : la NSF ne dispose que de petits budgets, allant de 35 000 dollars une année, 50 000 dollars la suivante, parfois 70 000 dollars les années fastes ; aucun contrat de la NSF ne dépasse le million de dollars par an. Quant à l'ARPA/IPTO, nous avons déjà évoqué les budgets, colossaux pour l'époque, dont elle dispose ; l'agence peut avoir ainsi plusieurs contrats à la fois, portant sur plusieurs millions de dollars par an.
Pourquoi de telles différences de budgets ? A cette question importante, Taylor répond en évoquant le problème de la différence classique entre le soutien à la recherche civile (pas toujours bien identifiée dans l'opinion) et la recherche militaire. Mais il attire notre attention sur une dimension parfois sous-estimée : le poids de l'opinion, *i.e.* des électeurs, réel ou supposé, sur les élus du Congrès qui décident les budgets. A cette époque, la priorité est accordée d'emblée à la défense et la loyauté patriotique d'un Congressman, qui ne soutiendrait pas la Défense nationale serait remise en question par son électorat. Ainsi le Pentagone se trouve-t-il toujours favorisé en termes de crédits et la NSF dispose de moyens nettement moins importants que ceux de l'ARPA pour la recherche en informatique.

Les types de projets de recherche sont également différents dans les deux agences.
Alors que la NSF, comme toutes les autres agences, soutient le plus souvent des projets individuels, l'ARPA préfère soutenir des projets assez larges, mobilisant des équipes (cf le *Project MAC*, l'ILLIAC, le Macromodule et plus tard ARPANET). Taylor ne se rappelle d'ailleurs aucun financement de recherche individuelle, les chercheurs travaillant seuls pouvant trouver facilement des financements à divers endroits. Ce choix de l'ARPA pour une politique de soutien à de larges projets coûteux confirme les propos de Sutherland sur la richesse des modes de financement de la recherche informatique et sur la complémentarité des agences.

Taylor livre également une autre explication à cette différence dans les types de projets. Pour lui, la raison du choix des financements individuels par la majorité des agences ne tient pas seulement à la politique de ces dernières, qui préfèrent financer les individus. Il existe une raison plus profonde, tenant à la structure même de la recherche universitaire et au système de gratification : le fameux « *publish or perish* », qui s'applique mieux aux individus qu'aux équipes. Une publication collective a toujours moins de valeur qu'une publication individuelle dans le système de reconnaissance universitaire. Taylor souligne ainsi une sorte de pression sociologique très forte, allant dans le sens d'un mode de financement individuel, pratiqué par la plupart des agences de soutien à la recherche.

Mais il existe une contradiction majeure, pointée par Taylor, entre cet « inconscient collectif » des agences de recherche et les avancées réelles en informatique. Pour l'initiateur d'ARPANET, les principaux progrès réalisés en informatique dans les vingt ou trente dernières années viennent des recherches sur le *time-sharing* et l'interconnexion des ordinateurs[63]. Or cette recherche sur les systèmes (incluant *time-sharing* et réseaux) nécessite un travail essentiellement collectif, un travail d'équipe, difficile à mettre en place dans les universités. D'où la contradiction relevée entre la pression sociologique et les exigences de l'innovation scientifique.

Enfin le troisième point de différenciation entre l'ARPA et la NSF dans le financement des projets informatiques porte sur les domaines de recherche.

Taylor note ainsi, comme Sutherland d'ailleurs, une certaine « frilosité » de la NSF pour les projets de recherche très innovants. Par exemple, l'Intelligence Artificielle ne fut pas soutenue à ses débuts par la NSF[64]. Alors que l'ARPA a toujours financé les travaux en IA, d'abord à petite échelle avec Licklider puis de plus en plus fortement par la suite. Et pour Taylor, le soutien de l'ARPA à l'IA a eu des effets bénéfiques pour tout le reste de l'informatique, du moins tant que l'IA était solidement reliée au reste du champ de la discipline.

En résumé, les interventions de la NSF et de l'ARPA dans la recherche informatique ont été très différentes, au point que plusieurs projets informatiques (notamment sur l'IA, le *time-sharing* et ARPANET) n'auraient pas pu être financés par la NSF, ni sans doute par le NIH : à cause des limites budgétaires, du mode de sélection des projets par les pairs et du choix des thèmes de recherche.

---

[63] Jugement que nous ne nous permettrons pas de discuter et pour lequel nous relèverons seulement qu'il est un plaidoyer *pro domo*, ce qui n'a rien d'anormal par ailleurs.

[64] Selon le témoignage de Minsky, rapporté par Aspray dans l'interview de Taylor.

Pour conclure sur le rôle de l'ARPA/IPTO dans la recherche informatique des années 60, nous pouvons résumer l'aspect résolument novateur de l'agence dans la gestion de la recherche par les points suivants:

- **dans les finalités assignées à la recherche informatique** : intérêts généraux *vs* intérêts de la défense ou intérêts particuliers ;
- **dans le mode de gestion et de financement des projets** : sélection individuelle *vs* sélection par les pairs, souplesse et rapidité *vs* lenteur et « bureaucratie » ;
- **dans les pratiques de reconnaissance de la recherche** : travail en équipe *vs* travail individuel, pratiques d'évaluation collective ;
- **dans les thèmes de recherche** : mise en réseaux, time-sharing , IA, avancées technologiques générales.

On ne peut comprendre l'émergence d'ARPANET sans prendre en compte tous ces éléments organisationnels, managériaux et, en définitive politiques, qui ont fait de l'ARPA/IPTO cet « acteur-réseau » majeur de la recherche informatique des années 60. « Imaginaire technologique » de l'informatique interactive, réseaux humains et efficacité managériale de l'IPTO : nous avons vu là deux grands fondements de l'émergence d'ARPANET. Il nous manque le troisième : le support technique, inextricablement lié aux deux autres.

4.4 La montée en « réalité » du thème des réseaux d'ordinateurs

Le deuxième trait dominant de la période, étroitement lié au renforcement de l'IPTO, est d'une autre nature et justifie notre périodisation en aval. Il s'agit de la « montée en réalité » des projets techniques de réseaux d'ordinateurs. Pourquoi cette expression inspirée de la sociologie de la traduction ? Pour exprimer l'idée, courante au demeurant, que les innovations techniques ne naissent pas toutes armées mais passent par de multiples étapes préalables, faites d'essais et d'erreurs, de tâtonnements, d'avancées, de reculs et de controverses, en bref d'épreuves au cours desquelles le projet accède, ou non, à une réalité de plus en plus consistante. La technique balbutie et se cherche encore, lors de ces périodes de longue élaboration de la boîte noire de l'innovation. Ces différentes « micro-étapes » souvent obscures et oubliées constituent donc autant de processus de « réalisation » ou de montée en réalité, de passages de l'état de projet à celui de nouvelle réalité technique. Au plan des processus purement techniques, cette période, qu'il faudrait faire plutôt commencer vers 1960-61, est marquée ainsi par différents projets, travaux et expérimentations encore dispersés et limités, ouvrant la voie aux réseaux informatiques.

Si la consolidation de l'IPTO et de son réseau de chercheurs est la première condition, de nature plus sociale que technique, de la naissance d'ARPANET, les fondements techniques de l'interconnexion des ordinateurs en constituent bien évidemment la deuxième, de nature plus technique que sociale.

Or quels sont les traits marquants de ces années-là (1961-67), au regard de l'interconnexion d'ordinateurs ? Il est difficile d'y voir clair, car les projets techniques et les problématiques s'entremêlent de plus en plus, les chronologies se chevauchent et le nombre des « entités » concernées augmente. Nous tâcherons néanmoins de distinguer les éléments essentiels de cette période de la première moitié des années 60.

Le trait majeur de cette période « d'incubation » des futurs composants d'ARPANET est incontestablement l'émergence simultanée de recherches indépendantes sur le même thème : celui d'un nouveau mode de transmission de données, totalement inconnu, appelé la commutation par paquets. Trois recherches distinctes au moins sont menées à peu près au même moment sur ce mode de transmission, dont une seule semble avoir retenu l'attention, non des historiens d'Arpanet, mais de « l'histoire officielle » : celle de Paul Baran de la *RAND Corporation*, à qui l'on attribue souvent (et à tort) la paternité du concept qui aurait donné

naissance à ARPANET, i.e. celui d'un réseau décentralisé fondé sur la commutation par paquets. En effet, si Paul Baran est celui qui a établi les bases de ce mode de transmission, il n'a pas été le seul : un autre chercheur américain, Leonard Kleinrock, a également ouvert la voie, ainsi que les chercheurs britanniques Donald Davies et Roger Scantelbury. Trois recherches, trois acteurs, trois réseaux socio-techniques, trois devenirs différents pour une même problématique technique : au-delà de la simultanéité des recherches, qui peut (re)poser la question du déterminisme technique[1], il importe de retracer les trajectoires de ces trois « problématisations », qui chemineront en parallèle jusqu'en 1967. Le suivi (inégal) de ces trois recherches nous donnera l'occasion de présenter quelques autres personnages majeurs de l'émergence d'ARPANET, comme Kleinrock et Roberts, et surtout de lever la confusion historique courante sur les origines prétendument militaires du réseau des réseaux, liée au Rapport Baran.

Un autre élément nous a semblé important à évoquer : la première expérimentation de liaison à grande distance entre deux ordinateurs, menée en 1965 par Roberts et Marill. Nous verrons qu'il s'agit là d'une étape technique et « socio-technique » essentielle dans l'émergence d'ARPANET. Mais l'un des traits marquants, choisi pour caractériser cette période, reste incontestablement le projet défendu par l'expert de la *RAND Corporation*, celui d'un réseau militaire décentralisé et théoriquement indestructible. Nous tenterons d'en rappeler la genèse et le devenir, marqué par l'échec. Enfin, la description de cette période de l'émergence des projets de réseaux informatiques s'achèvera avec l'idée de Robert Taylor de construire un réseau reliant les centres de recherche de l'ARPA/IPTO, autrement dit le projet de *l'ARPA Network*.

Notons que dans tout ce chapitre, nous parlons de la montée en réalité **des projets de réseaux** et non des réseaux eux-mêmes : le réseau préconisé par le Rapport Baran ne sera jamais réalisé, ARPANET n'est pas encore né et la liaison Roberts-Marill n'est aucunement un réseau d'ordinateurs[2]. Dès lors, la délimitation en aval de notre période s'explique mieux, puisque c'est au printemps 1967 que le projet de « réseau de l'ARPA » (*ARPA Network*) est réellement lancé au sein du réseau social de l'IPTO. Une convergence décisive se produira ensuite entre acteurs humains et organisationnels, réseaux sociaux et principes techniques, avec l'adoption de la transmission par paquets comme fondement technique du futur ARPANET.

---

[1]Nous reviendrons sur cette question du déterminisme technique dans la dernière partie. Voir la section 7.1.4 : « Entre logique technique et logique d'acteurs... »

[2] Quant au projet britannique, que nous ne ferons qu'évoquer brièvement, il semble être alors au stade expérimental.

Nous commencerons par évoquer deux figures historiques d'ARPANET, Leonard Kleinrock et Larry Roberts, dont les parcours et les destinées sont étroitement liés à cette époque.

4.4.1 Kleinrock et Roberts : deux purs produits du Lincoln Lab

La formation initiale des chercheurs est importante à connaître pour l'histoire des innovations. Elle indique non seulement les champs disciplinaires, les domaines de compétence, mais aussi les liens personnels tissés pendant ces années de formation. Nous avons vu, à plusieurs reprises, l'importance de ces relations personnelles, de ces « réseaux sociaux » dans lesquels s'inscrivent et évoluent les acteurs. Avec Kleinrock et Roberts, nous retrouvons une « filière » historique de l'informatique, celle du Lincoln Lab*oratory* et plus précisément du groupe de recherche animé par Wes Clark et Ken Olsen, autour de cet ordinateur emblématique des années 50-60 : le TX-2[3].

4.4.1.1 Un passionné d'électronique : Leonard Kleinrock

Dans les années 50, le jeune Leonard Kleinrock n'est encore qu'un inconnu, passionné par les machines à communiquer qu'il monte et démonte tout seul depuis son enfance.[4] Né en 1934 à Manhattan, ce new-yorkais sort en 1951 du prestigieux lycée de la *Bronx High School of Science*, où il a complété ses études par des cours sur l'ingénierie de la radio. Après de brillantes études en électronique[5], il parvient à entrer au MIT en 1957. Avec d'autres étudiants, il va alors bénéficier d'un dispositif d'association entre le MIT et l'un de ses plus célèbres surgeons, le Lincoln Lab*oratory*. Ce programme, baptisé *Staff Associate Program*, est destiné aux étudiants du MIT qui suivent le *graduate* (formation de deuxième cycle) à l'institut et leur permet de travailler au Lincoln Lab comme *Research Assistant* (assistant de recherche), soit à plein temps, soit lors de ces *Summer Jobs*, qui sont une spécialité des universités et des laboratoires

---

[3] Nous avons retracé la genèse de ce groupe de chercheurs, appelé *l'Advanced Computer Development Group*, constitué dès la création du Lincoln Lab vers 1952-53 et qui s'est avéré être une véritable pépinière des plus brillants chercheurs en informatique des années 60 (voir la section 3.2.3.2 « Le Lincoln Lab au coeur du complexe militaro-scientifique »).

[4] Ces informations sur le parcours et la formation de Kleinrock sont tirées en bonne partie de sa biographie personnelle : L. KLEINROCK, *Leonard Kleinrock's Personnal History/Biography. The Birth of the Internet*, [En ligne], 1996, Disponible sur WWW : <http://millennium .cs.ucla.edu/>.

[5] Il travaille d'abord à temps plein de 1951 à 57 comme technicien en électronique à la *Photobell Company*, tout en suivant les cours du soir de l'Université de la ville de New York (CCNY). Ses études, suivies dans des conditions difficiles, débouchent en 1957 lorsqu'il décroche brillamment (à la première place) le *Bachelor's* en *Electrical Engineering* au CCNY (*City College of New York*). Obtenant la bourse d'étude la plus élevée et la plus recherchée (la *fellowship)*, il entre alors au MIT pour poursuivre ses études dans le cycle supérieur (le *graduate*) au Département *d'Electrical Engineering.*

américains[6]. Parmi ses camarades de promotion au Lincoln Lab figurent alors deux personnages déjà rencontrés : Ivan Sutherland et Larry Roberts. Placé sous la direction de Wes Clark, tout ce groupe de chercheurs est fortement impliqué dans les travaux sur le TX-2, la principale machine du laboratoire. A cette époque, Kleinrock, comme plusieurs de ses collègues, se trouve ainsi à cheval entre le MIT, où il mène des recherches pour sa thèse au sein du RLE, et le Lincoln Lab, où il travaille sur plusieurs projets. Le MIT et notamment le *Research Lab for Electronics* (RLE) connaît alors l'apogée de la théorie de l'information : tous les principaux chercheurs en théorie de l'information travaillent là (Shannon, Fano, Rozencraft, Huffman, etc.) et dominent ce champ de recherche. Alors que la majeure partie des recherches du Département portent sur la théorie du codage et de l'information, Kleinrock décide de ne pas s'engager dans ce domaine de recherche, qu'il juge « trop encombré ». Cherchant un autre champ de recherche[7], il oriente ses travaux vers le domaine encore vierge des réseaux de données et en 1959 soumet une proposition de *Ph D* sur l'étude des réseaux informatiques, inaugurant les travaux sur la transmission par paquets. Ses travaux de recherche, menés désormais au Lincoln Lab, aboutissent à la publication d'un article en juillet 1961, sur la théorie de la transmission par paquets[8]. Ce premier travail théorique va avoir une grande influence sur le meilleur collègue et ami de Kleinrock, Larry Roberts. Dès cet article pionnier, Roberts aurait été convaincu en effet de la faisabilité théorique d'un mode de communication utilisant la transmission par paquets plutôt que par circuits.

A la fin 1962, Kleinrock finit sa thèse en même temps que ses deux collègues, Sutherland et Roberts, avec qui il est très lié ; et l'on peut relever cette coïncidence qui voit trois des chercheurs en informatique les plus doués du moment terminer ensemble leurs travaux, qui s'avèreront tous trois pionniers dans leur domaine[9].

---

[6] C'est dans le cadre de ce programme de formation que Kleinrock est envoyé en 1957 au Lincoln Lab comme *Research Assistant*, pour y travailler notamment plusieurs étés sur différents projets. L'été 1957, son premier directeur de recherche est Ken Olsen, pour qui il travaille à la conception de circuits. Ken Olsen, alors en train de fonder DEC (*Digital Equipment Corporation*), propose à Kleinrock un emploi dans son entreprise, mais celui-ci refusera, préférant passer ses diplômes. En 1959, après l'obtention d'un *Masters* en *Electrical Engineering* au MIT, Kleinrock est prêt à aller travailler à plein temps au Lincoln Lab, mais ses professeurs l'incitent à continuer vers la thèse et il s'engage alors dans la réalisation d'un *PhD*, toujours dans le cadre du *Staff Associate Program*.

[7] Il prend comme directeur de thèse Ed Arthur, qui travaille alors sur un projet confidentiel, mené pour le compte de l'armée de l'air : Kleinrock et Arthur décident d'étudier l'évaluation de la performance d'un système, en l'occurrence un réseau d'ordinateurs. Le projet, nommé *The Barnstable Study*, est un réseau militaire, auquel Kleinrock n'a pas accès.

[8] *« Information Flow in Large Communication Nets », in* RLE Quaterly Progress Report.

[9] Selon le témoignage de Kleinrock, les trois jeunes chercheurs ont même soutenu leur thèse le même jour, au début 1963, devant un jury en partie commun, comprenant notamment Shannon et Marvin Minsky. La raison de cette soutenance quasi collective vient, selon Kleinrock, non seulement des relations très étroites qui unissent alors les trois hommes, mais surtout de leur partage du TX-2 comme support de leurs travaux. Ceux-ci sont cependant

En juin 1963, Kleinrock reçoit officiellement son Ph.D en *Electrical Engineering* au MIT. Il a alors 29 ans et en août de la même année, il reçoit une proposition de poste à UCLA, qu'il accepte ; il devient Professeur d'informatique à UCLA, où il enseignera toute sa vie. Enfin, notons la publication de sa thèse en 1964 chez McGraw-Hill : *« Communication Nets : Stochastic Message Flow and Delay »*. Cet ouvrage fournit la conception du réseau et la « *théorie des files d'attente* » (*Queing theory*) nécessaires à la construction d'un réseau de commutation par paquets. Il s'agit de l'une des toutes premières théories de ce mode de transmission de données qui révolutionnera le monde des télécommunications et, trente ans plus tard, le monde entier lui-même.

4.4.1.2 Larry Roberts, un autre « génie de l'informatique »

L'un des hommes-clés, au plan technique, de l'émergence de cette idée d'interconnexion d'ordinateurs est Larry Roberts, dont nous avons cité le nom à plusieurs reprises.

Comme ses deux amis Ivan Sutherland et Leonard Kleinrock, Roberts fait partie de cette génération de chercheurs formés à l'informatique à la fin des années 50. Né vers 1936[10], Lawrence G. Roberts est un autre pur produit du MIT, où il découvre l'ordinateur au cours de sa formation initiale en *Electrical Engineering*[11].

Au début des années 60, le jeune Roberts a ainsi eu l'occasion de travailler dans trois des plus importants laboratoires d'informatique de l'époque (le *Computation Center*, le *RLE* et le Lincoln Lab), il connaît différentes équipes de chercheurs (celle du *time-sharing* sur l'IBM 704, celle du *Whirlwind* et surtout l'équipe de Wes Clark). Et pendant sa thèse, il travaille lui aussi sur l'ordinateur TX-2, construit par *l'Advanced Computer Development Group*.

C'est au cours de sa formation doctorale qu'il rencontre Ivan Sutherland, également en préparation de thèse au Lincoln Lab, avec qui il nouera une forte relation intellectuelle. Sutherland, dans son interview au CBI, ne cache pas son estime pour son ancien collègue qui, selon lui, développe au début des années 60 l'une des visions les plus claires du champ de l'informatique. Quant à Kleinrock, il faut souligner la relation étroite existant entre les deux

---

complètement distincts, puisque la thèse de Sutherland porte sur son système d'interfaces graphiques, le *Sketchpad*, celle de Larry Roberts sur un dispositif de reconnaissance d'objet en trois dimensions et celle de Kleinrock sur les réseaux d'ordinateurs.

[10] Les dates de naissance des acteurs d'ARPANET ont le plus souvent été déduites de quelques informations sur leur âge à l'époque des années 60. D'où leur caractère approximatif.

[11] Son premier véritable travail en informatique date de 1957-58, lorsqu'il fait un « *summer job* » au *Computation Center*, où il travaille sur l'IBM 704 à la construction d'un équipement de dérouleur de bande magnétique automatique. Travaillant quelques temps au RLE, Roberts rejoint ensuite vers 1959 le Lincoln Lab, dans le cadre du *Staff Associate Program*, que nous avons évoqué plus haut. Il devient donc, comme Kleinrock, *Research Assistant* du Lincoln Lab et commence la préparation de son *PhD* sous la direction de Peter Elias.

jeunes chercheurs, relation d'amitié et de complicité selon Hafner et Lyon, qui livrent à leur propos d'amusantes révélations sur leur goût commun pour les jeux de casinos et les aventures financières[12].

Considéré par beaucoup comme un véritable génie de l'informatique[13], Roberts apparaît, avec ses deux collègues, comme l'un des plus brillants chercheurs produits par le MIT et le Lincoln Lab*oratory*. Cette compétence technique indiscutable sera son meilleur atout pour la réalisation d'ARPANET[14]. Après la soutenance simultanée des trois thèses du trio de chercheurs, Roberts sera le seul à rester travailler au Lincoln Lab, où il ne tardera pas à prendre d'importantes responsabilités. Ainsi après le départ de Wes Clark en 1964 (en conflit, semble-t-il, avec la direction du Lincoln Lab), Roberts**,** qui a déjà une excellente réputation en informatique, est chargé de la surveillance du *TX-2.*

L'automne 64 est important dans son parcours : d'une part, son ami et collègue Sutherland arrive à l'ARPA/IPTO et la relation entre les deux chercheurs est l'une des raisons de l'implication à venir de Roberts dans les projets de réseau de l'ARPA. D'autre part, c'est à cette même époque que Roberts est définitivement convaincu par Licklider de l'importance des réseaux d'ordinateurs pour le partage des ressources informatiques.

Nous avons déjà évoqué, dans le chapitre consacré à Licklider[15], cette rencontre capitale entre les deux hommes, au cours du Second Congrès des Sciences des Systèmes d'Information à Hot Springs en Virginie. L'objet de cette conférence, organisée par *l'US Air Force* est, entre autres, l'avenir de l'informatique et Roberts y participe au sein d'une forte délégation de chercheurs du MIT, comprenant notamment Licklider, Al Perlis, Corbato, etc.. Selon son propre témoignage, c'est au cours d'une rencontre informelle avec ces trois pionniers du *time-sharing* qu'il découvre l'idée d'une mise en réseaux d'ordinateurs, fortement discutée par les trois hommes. Roberts, gagné par l'enthousiasme de Licklider, défend la nécessité d'assurer une certaine compatibilité entre les ordinateurs pour pouvoir échanger ressources et informations. En revanche, les chercheurs du MIT, et surtout Corbato, restent plus sceptiques sur les réseaux et préfèrent s'intéresser davantage aux systèmes d'exploitation.

---

[12] HAFNER, LYON, *op. cit*., p. 84

[13] C'est lui qui a écrit notamment le système d'exploitation du TX-2, considérée comme la première machine à transistors.

[14] Pour un portrait du personnage de Larry Roberts, dont *« le style était simple, direct, et remarquablement efficace* », voir K. HAFNER, M. LYON, Matthew, *op. cit*., p. 57-58

[15] Voir le point 4.1.4.6 : « Une succession assurée à l'IPTO »

Ainsi l'idée d'interconnecter des ordinateurs distants, discutée dans les couloirs de cette conférence de 1964, est-elle encore très minoritaire chez les informaticiens et Roberts fait partie de ce cercle réduit de chercheurs acquis aux visions de Licklider. Il va tenter de passer à la réalisation pratique avec la première connexion à grande distance.

4.4.2 La première connexion à grande distance

Nous avons évoqué ce projet de connexion entre deux ordinateurs dans la présentation des projets de recherche soutenus par Sutherland, lors de son passage à l'IPTO[16]. De quoi s'agit-il ? L'idée initiale semble en revenir à un autre chercheur, également lié à Licklider : le psychologue Tom Marill, ancien élève du psycho-acousticien gagné à la cause de l'informatique interactive. Fin 64-début 65, Tom Marill fonde une petite société informatique de systèmes à temps partagé, la *Computer Corporation of America* (*CCA*). Recherchant un financement, il s'adresse à l'ARPA et propose de réaliser une expérience de connexion à grande distance en établissant une liaison entre l'ordinateur *TX-2* du Lincoln Lab et le *Q-32* de la SDC à Santa Monica. L'ARPA/IPTO, *i.e.* son nouveau directeur Sutherland, trouve l'idée séduisante mais conseille à Tom Marill de confier la réalisation du projet au Lincoln Lab, étant donné la taille trop réduite de son entreprise. Le Lincoln Lab accepte et confie à Roberts la gestion du projet. En février 65, un premier contrat est donc conclu entre l'IPTO (par Sutherland) et le Lincoln Lab (représenté par Roberts), pour la mise en place d'un réseau expérimental de recherche. Les différents partenaires concernés, le Lincoln Lab*oratory* à Lexington au Massachussetts et la jeune entreprise de Tom Marill, en accord avec la *System Development Corporation* (*SDC*), située à Santa Monica en Californie, reçoivent une subvention de l'ARPA, pour commencer une recherche sur le domaine totalement neuf de la connexion d'ordinateurs à travers le continent américain. Il s'agit en fait de tester un réseau pour examiner les problèmes posés. La recherche engagée, qui s'appuie sur les réalisations de *time-sharing* du CTSS au MIT et du DTSS (*Darthmouth Time-Sharing System*) à Dartmouth, débouche en octobre 1965, lorsque la première connexion entre les deux ordinateurs est établie : Larry Roberts et Thomas Marill utilisent une ligne téléphonique dédiée de la Western Union pour connecter le *TX-2* du Lincoln Lab*oratory* au *Q-32* de la *System Development Corporation*, à Santa Monica[17]. C'est lors de cette première connexion d'ordinateurs que Tom Marill emploie, pour la première fois, semble-t-il, dans l'histoire de l'informatique, le terme de « protocole » pour désigner l'ensemble des procédures nécessaires à

[16] Voir le point 4.3.3.1.3 : « Les premiers projets de mise en réseau ».

[17] Cette première connexion est réalisée par une liaison à quatre fils et un modem rudimentaire (à 2000 bits par seconde) et permet aux ordinateurs d'échanger des messages, mais avec des résultats médiocres.

la circulation de l'information. Un an plus tard, en octobre 1966, les deux chercheurs présenteront leurs travaux à la Conférence d'Automne de l'AFIPS (*American Federation of Information Processing Societies*) et publieront le premier article sur la première expérimentation d'un embryon de réseau d'ordinateurs[18].

Cette expérience pionnière est importante dans la genèse d'ARPANET, aux plans techniques et sociaux, là encore imbriqués :

- au plan technique, la connexion est un semi-échec et renforce Larry Roberts dans sa conviction que le réseau téléphonique classique, ou du moins le mode de commutation utilisé (la commutation par circuits) n'est pas adapté à la transmission de données numériques entre ordinateurs. Cette preuve par l'échec permet de confirmer, *a contrario,* les théories nouvelles sur l'autre mode de transmission par paquets, inventé par Kleinrock. Et les leçons de ce semi-échec seront précieuses pour les concepteurs d'ARPANET, Larry Roberts au premier chef.
- au plan social ou humain, la connexion d'octobre 1965 confirme le rôle majeur et la place grandissante de Larry Roberts dans le petit monde de l'informatique des réseaux. C'est à cause de cette expérience que Taylor fera appel à lui pour construire le réseau de l'ARPA. Enfin, on peut voir dans cette connexion une nouvelle illustration indirecte de la place centrale de Licklider dans l'informatique de l'époque puisque, par-delà les deux ordinateurs, cette liaison technique relie l'un de ses anciens élèves (en psychologie) et un chercheur récemment « enrôlé » dans la problématisation du visionnaire des réseaux.

4.4.3 Les trajectoires de Kleinrock, Roberts et Sutherland comme nouvel exemple de la « filière Whirlwind »

Dans le long processus d'émergence d'ARPANET, nous avons montré toute l'importance de ce que nous avons appelé la « filière *Whirlwind* », ensemble de différentes lignées historiques constituant une bonne partie des sources-mêmes du processus. Après le schéma représentant la lignée entre le *Whirlwind* et le Lincoln Lab (entre 1944 et 1952), puis celui montrant les liens entre le Lincoln Lab et l'émergence du *time-sharing* (entre 1952 et 1957), nous présentons ci-après un nouveau schéma retraçant les trajectoires du trio de chercheurs, Kleinrock, Roberts et Sutherland, dont le Lincoln Lab a constitué la matrice commune et qui joueront bientôt un rôle-clé dans la naissance d'ARPANET.

---

[18] L. ROBERTS, T. MARILL, « Toward a Cooperative Network of Time-Shared Computers », *in Fall AFIPS Conference*, octobre 1966.

Schéma 1.3 La filière Whirlwind- Lincoln Laboratory : les trajectoires de Kleinrock, Roberts, Sutherland

4.4.4 Paul Baran et le projet de réseau distribué

Dans notre première partie sur l'historiographie d'Internet, nous avons longuement souligné l'importance du Rapport Baran, placé à l'origine d'ARPANET dans de nombreuses histoires du réseau. Qui est Paul Baran et quelle est la place de son projet de réseau « indestructible », que des rumeurs persistantes considèrent toujours comme l'origine d'ARPANET ? [19]

4.4.4.1 Paul Baran, un informaticien de la première heure

Quel est le parcours initial de ce chercheur ? Né en 1926 et issu d'une famille de Polonais émigrés aux Etats-Unis en 1928, Paul Baran arrive très tôt dans le monde nouveau des ordinateurs, puisque dès l'obtention de son diplôme d'ingénieur électricien au Drexel Institute of Technology de Philadelphie en 1949, il est embauché comme technicien dans l'une des toute premières entreprises d'informatique, la Eckert-Mauchly Computer Corporation fondée par Eckert et Mauchly, et participera notamment à la construction de l'UNIVAC, le premier ordinateur commercial. Devant quitter la côte Est pour la Californie, il travaille ensuite de 1955 à 1959 à Los Angeles chez l'avionneur Hughes Aircraft, sur les systèmes de traitement de données dans les radars. Il suit des cours du soir à UCLA, où il obtient en 1959 une maîtrise en *Electrical Engineering*.

Et en décembre de la même année, Paul Baran quitte Hughes Aircraft, pour rejoindre le département informatique de la RAND Corporation. Il faut rappeler brièvement la spécificité de cette entreprise souvent citée et qui a joué - et joue toujours - un rôle considérable dans la politique américaine.

4.4.4.1.1 La RAND Corporation

La RAND Corporation est l'un des plus forts symboles du « complexe militaro-scientifique », issu de la Seconde Guerre mondiale.

Cette entreprise de recherche, créée pour « *conserver à la nation le potentiel de recherche opérationnelle mis au point pendant la deuxième guerre mondiale* » [20], a été fondée le 14 mai 1948,

---

[19] Pour cette partie, nous nous sommes surtout basés sur le livre très documenté de Hafner et Lyon dont l'un des principaux mérites est sans aucun doute de rétablir, sinon la « vérité » historique, du moins l'exacte place de ce projet. Voir HAFNER, LYON, *op. cit.*, p. 65-81

[20] *Ibid.*, p. 67

dans le prolongement d'un projet de recherche, le *Project RAND*, conduit par la Douglas Aircraft Company en contrat avec l'US Air Force.

Elle acquiert dès sa naissance un statut particulier d'organisation privée, indépendante et à but non lucratif, placée sous les lois de l'état de Californie. Financée à l'origine par l'US Air Force, la RAND sera ensuite subventionnée par diverses sources, gouvernementales, privées, associatives... Ses missions officielles sont des plus larges, puisqu'elle vise *« la promotion des objectifs scientifiques, éducatifs, sociaux au service du bien-être et de la sécurité publique des Etats-Unis* », selon un document de la RAND elle-même[21].

Implantée en Californie à Santa Monica, la RAND compte, dès sa création en 1948[22], un corps unique de plus de 200 chercheurs, mathématiciens, ingénieurs, physiciens mais aussi sociologues, spécialistes en sciences humaines, etc..

L'on sait que cette entreprise de recherche (dont le nom est un acronyme de *Research ANd Development*), deviendra au début des années 60 la principale entreprise de consultants du gouvernement américain et l'un des principaux comités d'experts (*think-tank*), nés de la guerre froide. La RAND Corporation, qui développera de nombreux contrats avec l'Armée de l'air, sera ainsi un partenaire privilégié du Pentagone.

Dans le domaine informatique, cette entreprise a joué un rôle important dans l'histoire de la *Computer Science*, par son activité de réflexion, de conseil ou de formation[23], mais aussi en intervenant dans la conception et la construction des ordinateurs[24].

Parmi ses nombreux domaines de recherche du début des années 60, figure la question de la sécurité des systèmes de communication en cas de guerre.

C'est sur ce problème que va travailler Paul Baran.

---

[21] Voir *The RAND History Project*. Disponible sur WWW : <http://www.rand.org/50TH/index.html>

[22] Concernant ses premiers dirigeants historiques, il n'est pas inintéressant de relever, parmi les membres du premier *Board of Trustees* de 1948, le nom de Philip Morse, Professeur au MIT, dont nous avons vu le rôle dans l'émergence du *time-sharing*.

[23] Nous avons vu par exemple que c'est la RAND Corporation, fortement impliquée dans le système SAGE, qui a créé la Systems Development Corporation (SDC), à l'origine service de formation des programmeurs de SAGE.

[24] La RAND Corporation a développé ainsi l'ordinateur *Johnniac* à la fin des années 50, sur lequel sera implanté par la suite un système de *time-sharing*.

4.4.4.2 Le pionnier solitaire de la transmission par paquets

Dès son arrivée en 1960 à la RAND, Paul Baran commence ainsi à s'intéresser à la capacité de survie des systèmes de communication en cas de guerre nucléaire.

Nous sommes en pleine guerre froide et Paul Baran, comme beaucoup de chercheurs à cette époque, est très inquiet devant la menace de l'apocalypse nucléaire. Ce sont donc avant tout des considérations patriotiques[25]et non techniques qui vont le guider et l'inciter à rechercher une solution à la menace d'une désorganisation des systèmes de *Command and Control*, en cas de frappe soviétique.

La division de la Communication, au sein de la RAND, s'intéresse déjà depuis quelques temps à cette question mais sans beaucoup de succès. Baran, qui préconise l'utilisation d'ordinateurs numériques, qui restent malgré tout peu connus à la RAND, se heurte immédiatement au scepticisme de la plupart de ses collègues de la division de la Communication. Mais il s'obstine dans son idée et parvient, vers la fin 1960, à monter un projet personnel de recherche consacré aux réseaux numériques. La RAND lui permet de mener ses recherches et Paul Baran commence la rédaction de son premier article sur les réseaux distribués. Dès le premier rapport, publié en septembre 1962 et intitulé *"On Distributed Communications Networks"*, Paul Baran développe deux idées, révolutionnaires pour l'époque et qui seront, bien plus tard, les deux idées-forces de l'Internet : la notion, centrale, de « réseau distribué » *(distributed network)* et, liée à cette première notion, celle de la commutation par paquets *(packet switching).*

La première notion est désormais bien connue, puisqu'il s'agit dans cet article du premier modèle d'un réseau de communication distribué et à structure maillée. Rappelons-là brièvement.

Pour éviter, en cas de guerre, l'effondrement des réseaux de communication de l'époque, organisés autour de centraux téléphoniques, il préconise un réseau « distribué », *i.e.* constitué d'un grand nombre de noeuds fortement interconnectés. Il n'y a plus de commutateur central facilement destructible dans ce type de réseau, dont l'image la plus fidèle est celle du treillis, du filet de pêche ou de la toile d'araignée. Chaque point du réseau est relié à tous les points adjacents, afin d'assurer une redondance élevée dans la transmission. Et l'on sait désormais à quel point un réseau maillé, avec un haut degré de connectivité, est infiniment plus solide qu'un réseau en étoile centralisé.

Dès 1962, Paul Baran conçoit donc le modèle de réseau de communication qui sera celui de l'Internet.

---

[25] Considérations tout à fait similaires à celles de Herzfeld, autre réfugié des pays de l'Est, par ailleurs (voir le point 3.5.4.1.1 : « Herzfeld ou le patriotisme comme motif d'enrôlement »

La deuxième notion, déduite de la première, est encore plus novatrice en matière de télécommunications : pour assurer la survie des communications, il s'agit de découper les messages en petits « blocs » (que Baran appelle des « blocs-messages ») de même taille, pouvant emprunter toutes les voies disponibles. Et chaque point du réseau doit renvoyer le plus vite possible ces messages au point suivant, à l'image de la « patate chaude » *(hot potato)* circulant de main en main, image que Baran reprend à son compte pour illustrer sa théorie[26].

Autrement dit, les fondements de la commutation par paquets, également inventés à la même époque par Kleinrock, sont posés par Paul Baran dans ce premier article. Pour faire fonctionner un tel réseau de transfert de données, Baran préconise l'utilisation d'ordinateurs autonomes, « *qui achemineraient les messages sans intervention humaine, en suivant « des procédures d'autoapprentissage à chaque noeud, sans qu'il soit besoin d'un point de contrôle central éventuellement vulnérable. »* » [27].

Nous ne développerons pas ici la dimension proprement technique de ces notions, qui vont révolutionner totalement le monde des télécommunications.

Ce qui nous intéresse, c'est l'accueil réservé à ce projet révolutionnaire et surtout son devenir, son processus de traduction. Le moins que l'on puisse dire, c'est que le devenir du projet de Paul Baran illustre à sa manière la difficulté d'une innovation à vaincre la force d'inertie des uns, le scepticisme des autres et les résistances de tous ceux qui se sentent menacés par l'innovation en question.

Car Paul Baran sera longtemps seul à défendre ses idées. Dès la publication de son premier article de 1962, il reçoit de nombreuses critiques, tant dans le milieu de la Défense que dans celui des télécommunications.

4.4.4.3 Le long et difficile processus de traduction d'un projet isolé

Pendant trois à quatre ans, Paul Baran portera seul son projet de recherche et tentera de surmonter les résistances plus ou moins vives de nombreux opposants. Et il aura fort à faire pour intéresser et détourner d'autres acteurs vers son projet. En effet, il devra convaincre, successivement ou simultanément, trois groupes d'acteurs importants :

- au premier plan, ses propres collègues de la RAND, notamment ceux de la division des Communications, au départ très réservés sur la faisabilité technique du projet ;
- ensuite les milieux de la Défense, notamment ceux de l'US Air Force, qui mettront plusieurs années à se laisser convaincre ;
- et surtout le milieu des télécommunications.

---

[26] Voir J.C. GUEDON, La force de l'intelligence distribuée, *La Recherche*, n° 328, février 2000, p. 16-17

[27] HAFNER, LYON, *op. cit*., p. 74

Au premier rang des opposants à l'idée d'un tel réseau figure la compagnie de télécommunications, AT&T, qui possède alors le monopole des télécommunications. AT&T refuse d'abord d'admettre que le réseau téléphonique américain ne survivrait pas à une attaque nucléaire, ce qui constituerait pour elle un aveu de faiblesse impossible à reconnaître. Par ailleurs, forts de leur écrasante position de force et de leur réputation incontestée de spécialistes des réseaux, les gens d'AT&T ne peuvent pas prendre au sérieux ce chercheur en informatique, cet original qui sort de son domaine de compétence pour leur proposer un autre mode de transmission de données.

« L'intéressement » des gens d'AT&T va donc s'avérer, pour Paul Baran, une tâche redoutable, compte-tenu du rapport de forces entre les deux acteurs. En effet, que « pèse » alors Paul Baran, en 1962, face au mastondote des télécommunications américaines ? Le poids d'un chercheur isolé, à peine soutenu dans sa propre entreprise, et qui propose ni plus ni moins qu'un nouveau paradigme technique, dans un domaine où il n'a encore aucune légitimité scientifique reconnue (celui du transfert de données) et dont l'acceptation des prémisses revient à reconnaître les failles béantes du système existant (l'effondrement possible du réseau).

Autant dire que Baran a peu de chance de convaincre la puissante AT&T et qu'il lui faudra une énergie et une ténacité peu communes pour arriver au résultat atteint en 1965.

Ce qui frappe, à la lecture du récit de Hafner et Lyon des efforts de Baran pour convaincre les autres acteurs, c'est l'isolement persistant de ce pionnier au sein même de la communauté informatique.

Que Baran se heurte de plein fouet à l'opposition d'AT&T est assez compréhensible, compte tenu de sa position et de la nature de son projet. Qu'il rencontre le scepticisme persistant du Pentagone, probablement influencé par les responsables d'AT&T, paraît également normal. Mais que ce chercheur, qui développe une vision aussi neuve et visionnaire du rôle des ordinateurs, conçus comme des machines servant à communiquer, ne soit, à aucun moment semble-t-il, en contact avec la communauté de l'informatique interactive (*i.e.* Licklider, Fano, Engelbart, etc.), voilà qui ne laisse de surprendre et qui en dit long sur le rôle crucial des interactions personnelles, dans cette aube grise des innovations techniques.

Car pour son grand malheur, les travaux et les projets de Baran semblent rester assez confidentiels et peu connus du petit monde de l'informatique interactive.

Ses propositions, énoncées dès 1962, sont pourtant reprises, détaillées, explicitées dans plusieurs autres articles. En effet, à chacune des critiques reçues, Paul Baran répond par un nouvel article et recommence son travail de « lobbying », c'est-à-dire ses tentatives d'intéressement des autres

acteurs. Ainsi de 1962 à 64, il ne publie pas moins de onze articles, constituant autant de réponses techniques précises aux objections de ses détracteurs.

Ce patient travail de conviction et de réfutation des critiques finira par payer, puisque Baran réussit à gagner le soutien du premier groupe d'acteurs à convaincre : sa propre entreprise, ce qui va lui assurer une position beaucoup plus forte vis-à-vis des acteurs extérieurs. Ainsi en août 1964, la RAND Corporation rassemble en un seul volume les onze rapports successifs et publie l'ensemble sous la forme d'un Mémorandum, qui va devenir célèbre sous le nom du « Rapport Baran »[28].

Ce Memorandum d'août 1964 correspond à un projet de recherche, financé par l'US Air Force, et traduit alors le soutien total de la RAND Corporation aux idées de Baran. Le rapport reprend l'étude sur les systèmes de communication militaire et fait des propositions pour protéger les systèmes de communication en cas d'attaque nucléaire ; mettant en lumière le degré de centralisation excessive des infrastructures de communication de l'armée, le manque d'autonomie des noeuds intermédiaires en cas d'interruption du réseau, il dénonce les risques de défaillance du système de communication en cas de guerre et propose cet autre modèle de communication, distribué et fondé sur la transmission par paquets[29].

L'implication de la RAND Corporation dans cette idée de réseau distribué lui donne un tout autre poids et l'US Air Force reprend à son compte la proposition de son entreprise de « think-tank ». Seul, AT&T « résiste » encore au projet et refuse d'y participer, en dépit des offres de financement de l'Air Force.

Désormais « alliée » à la problématisation de Paul Baran, l'US Air Force décide de passer outre le refus d'AT&T et demande au Pentagone de commencer la construction du réseau. Mais le Pentagone confie alors le projet, non à l'US Air Force, mais à la DCA (*Defense Communications Agency* : Agence des communications de défense), nouvelle agence militaire créée récemment. Malheureusement, la DCA manifeste les mêmes réticences que la compagnie AT&T et Paul Baran préfère jeter l'éponge, craignant une déformation de son projet par la DCA. Baran confiera plus tard :

---

[28] P. BARAN, « *On Distributed Communications* », vols I à XI, Memorandum, RAND Corporation, août 1964. Les différents rapports sont disponibles sur le site de la RAND à l'adresse suivante : http://www.rand.org/publications/RM/baran.list.html

[29] Hafner et Lyon datent d'août 1965 le soutien total de la RAND Corporation à Paul Baran, en indiquant que la RAND, qui reprend officiellement à son compte ses propositions de réseau militaire distribué, adresse alors à l'US Air Force une recommandation officielle, visant à lancer un programme de recherche et développement pour la mise en oeuvre d'un tel réseau. S'agit-il du même Memorandum, auquel cas Hafner et Lyon se trompent d'une année, car le Memorandum date, de façon incontestable, d'août 1964 ; ou bien s'agit-il d'un autre rapport, remis en août 65 au même destinataire ?

> *« Aussi ai-je dit à mes amis du Pentagone d'abandonner tout ce programme - parce que la DCA n'y comprendrait rien. C'aurait été un fichu gaspillage de l'argent public et ça aurait retardé les choses. »* [30]

Et à l'automne 65 (ou 64 ?), il demande au Pentagone d'abandonner le projet de réseau distribué et se tournera vers de nouveaux projets de recherche. D'après Paul Baran lui-même, son projet est donc mort-né, faute « d'alliés » sûrs et de forces capables de le porter.

Ainsi s'est terminé le célèbre projet de réseau indestructible, qu'une « rumeur persistante », fondée sur la confusion avec ARPANET, placera trente ans plus tard aux sources de celui-ci et, par là-même, d'Internet.

4.4.5 Le projet, encore solitaire, de Taylor d'un « ARPA Network »

Après avoir décrit les multiples « filières » du futur réseau et la mise en place progressive, incertaine et compliquée des innombrables composants socio-techniques qui vont permettre le lancement du projet ARPANET, il est temps désormais d'en arriver au réseau de l'ARPA. A l'origine directe d'ARPANET se trouve, sans conteste, un seul homme, Robert Taylor, à qui revient la toute première initiative. L'histoire commence maintenant à être connue[31]et nous la résumerons ici.

Pendant toute l'année 65, le travail de recherche de Roberts et Marill[32] est suivi avec attention à l'ARPA/IPTO, non seulement par le directeur Sutherland (dont on a vu la relation personnelle avec Roberts), mais aussi par le nouveau *Deputy Director*, Robert Taylor, très intéressé également par ce projet expérimental de réseau. En effet, un an à peine après son arrivée à l'IPTO, Taylor, acquis depuis longtemps aux idées de Licklider sur « l'Intergalactic Network », va décider de construire un réseau qui « *connecterait ces communautés interactives en une communauté plus large, permettant à tout utilisateur d'une communauté de se connecter à une communauté distante comme s'il était sur son propre système local* » [33].

---

[30] Cité dans HAFNER, LYON, *op. cit.*, p. 77

[31] Voir notamment HAFNER et LYON, *op. cit.*, p. 51-52

[32] Voir plus haut la section 4.4.2 : « La première connexion à distance »

[33] R. TAYLOR, *art. cit.*, p. 17

Les historiens d'Internet soulignent souvent l'importance du dispositif des trois terminaux incompatibles, dont dispose Robert Taylor dans son bureau de l'IPTO au Pentagone[34], dans sa décision de lancer le projet ARPANET. Certes les procédures de connexion étaient longues, compliquées et fastidieuses et l'incompatibilité du matériel comme les limites de cet embryon de réseau technique ont certainement poussé Taylor à rechercher une autre solution de communication. De là à en faire l'élément « déclencheur » d'ARPANET, il y a un pas que nous refusons de franchir : nous avons trop insisté sur la multiplicité des origines d'ARPANET pour réduire tout à coup l'explication de la décision de Taylor à ce seul facteur technique. Et Taylor lui-même, dans son interview, ne cite pas la présence de ces trois terminaux comme la raison principale de son projet. On peut le créditer d'une vision plus large et plus ambitieuse qu'une simple amélioration de son propre dispositif de communication.

A la base de sa décision se retrouve donc l'idée, lancée par Licklider, de cette « super-communauté » en ligne, reliant les différentes communautés de chercheurs de l'informatique interactive. Le projet du réseau de l'ARPA est explicitement situé par son initiateur dans le prolongement de ces communautés du *time-sharing* (appelées « *interactive communities* »). Taylor, sans posséder les talents de visionnaire de son « maître » Licklider, est néanmoins habité, comme celui-ci, par cette intuition d'une informatique communicationnelle. Plus prosaïquement, il est également, en tant que gestionnaire des ressources informatiques de l'IPTO, préoccupé par l'augmentation constante des demandes de crédits adressées par les chercheurs à l'ARPA. Sur cet aspect essentiel des motifs économiques d'ARPANET, nous renvoyons de nouveau au livre de Hafner et Lyon.

Prémonition des réseaux de la recherche, rationalisation des ressources informatiques de plus en plus chères, souci de contenir les subventions de l'ARPA, insatisfaction devant ses terminaux incompatibles... : toutes les raisons se conjuguent chez Robert Taylor pour changer les choses, à partir de la position stratégique qui est la sienne.

En février 1966, Taylor, qui n'est alors que Directeur Adjoint de l'IPTO, va donc voir le Directeur de l'ARPA, Charles Herzfeld, pour lui exposer son projet de réseau. La discussion avec le patron de l'ARPA (qui a, semble-t-il, une réputation de directeur peu commode) ne dure que vingt minutes et Herzfeld, très vite d'accord avec l'idée, demande simplement à Taylor combien d'argent lui semble nécessaire pour construire la base du réseau ; Taylor avance le chiffre d'un million de dollars (soit 5 millions de dollars actuels), immédiatement accordés.

---

[34] Voir plus haut le point 4.3.3.3.1 : « Des moyens techniques de communication... »

Accord verbal suffisant et pendant toute l'année 66, il n'y aura d'ailleurs aucun ordre écrit de l'ARPA concernant ce projet.

Au-delà de son caractère anecdotique, auquel cette rencontre est parfois réduite, l'obtention aussi rapide de l'accord du directeur constitue une nouvelle illustration de la nature informelle des rapports existant alors au sein de l'agence et témoigne de toute la confiance implicite, témoignée par le Directeur de l'ARPA à son responsable du service informatique. Les explications développées plus haut sur le fonctionnement de l'ARPA/IPTO permettent, selon nous, de rendre compte d'une telle discussion, qui marque le véritable début du projet de réseau. Notons par ailleurs que lors de cette rencontre initiale, Herzfeld ne parle pas du tout des intérêts de la défense nationale à Taylor : le réseau envisagé est entièrement civil et ne concerne que les centres de recherche en contrat avec l'IPTO.

Ayant l'accord de son supérieur et fort de son million de dollars, Taylor, avant de convaincre les *ARPA's Contractors*, a tout d'abord besoin, pour mener à bien ce nouveau projet de l'IPTO, d'un chef de programme qui soit un informaticien de premier plan. Rappelons que lui-même n'est pas informaticien de formation. Il va donc solliciter celui qui a déjà une première expérience en matière de réseau : Larry Roberts.

4.4.5.1 Un « allié » difficile à enrôler : Larry Roberts

Les conditions de l'arrivée de Larry Roberts à l'ARPA/IPTO illustrent une fois de plus, non seulement les difficultés constantes de recrutement de responsables à l'IPTO (comme nous l'avons vu avec le cas de Sutherland), mais l'incertitude originelle des processus de traduction dans une innovation technique. Même les « alliés » apparemment les plus sûrs résistent aux tentatives d'intéressement et d'enrôlement et un projet d'innovation, à ses débuts, ne tient parfois qu'à de fragiles interactions humaines.

A la fin février 66, Taylor contacte ainsi Larry Roberts, qu'il connaît encore très peu mais qu'il sait intéressé par l'idée de mise en réseaux. Il lui propose de devenir chef de programme à l'ARPA mais Roberts, après réflexion, refuse l'offre, ne voulant pas quitter le Lincoln Lab où il mène ses travaux sur le TX-2. Dépité, Taylor cherche alors un autre candidat, mais ne trouvant personne qui le satisfasse vraiment, il retournera voir Roberts quelques mois plus tard, qui refusera une nouvelle fois[35].

[35] Pour justifier son refus persistant, Roberts invoque ses recherches au Lincoln Lab, qu'il n'entend pas abandonner pour un vague projet de réseau. Par ailleurs, il semble que le « courant » ne soit pas vraiment passé avec Taylor, du

Ainsi, pendant presque toute l'année 66, en dépit des tentatives réitérées de Taylor, qui ira même chercher le soutien de Licklider et de Wes Clark pour convaincre Roberts, celui-ci refuse obstinément de venir diriger le projet de réseau de l'ARPA. Ce n'est qu'en septembre-octobre que Taylor, se souvenant que l'ARPA finance le Lincoln Lab à 51 %, décide d'utiliser la pression institutionnelle sur Roberts. Retournant voir Herzfeld, il lui rappelle l'idée de mise en réseau, lui explique ses difficultés à convaincre Larry Roberts comme *« program manager »* et demande à Herzfeld d'intervenir auprès du Directeur du Lincoln Lab, Jerry Dinneen, pour lui expliquer *« qu'il est dans le plus grand intérêt du Lincoln Lab et de l'ARPA de faire venir Roberts à l'ARPA »*. Ce que fait aussitôt Herzfeld.

En moins de deux semaines, Roberts accepte cette fois la proposition. Pourquoi ce soudain revirement ? Il semble bien que les raisons personnelles s'entremêlent avec les convictions : en effet, si Roberts est convaincu à l'automne 66 de rejoindre l'IPTO, c'est d'abord parce que le Directeur de l'ARPA utilise un argument « d'intéressement » personnel, en l'assurant que cette proposition sera du plus grand intérêt pour l'ARPA mais aussi pour sa carrière[36]. Mais par ailleurs, Roberts est sincèrement convaincu de l'intérêt du projet de mise en réseau et il accepte enfin l'offre de Taylor[37].

Le projet de réseau, qui a failli avorter faute de chef de projet, peut donc commencer véritablement dès l'arrivée de Roberts à l'ARPA au tout début 67.

En résumé, durant toute cette année 1966, le projet de réseau n'en est qu'au stade, à peine avancé, d'une problématisation, *i.e.* d'une « construction hypothétique d'une nouvelle réalité ». Ce réseau n'existe que dans la tête de Taylor, qui dispose de forces encore bien insuffisantes : il a certes un allié de taille au sein de l'ARPA en la personne du Directeur lui-même, il dispose d'un budget confortable d'un million de dollars, il bénéficie du soutien de son collègue

---

moins lors de ces premiers contacts, car Roberts confie dans son interview : « *Well, I hated to talk with him (*Robert Taylor*). Several times I said, « Look, Ivan* (Ivan Sutherland, qui a dû également tenter de le convaincre de venir à l'ARPA*), forget it. I am busy. I am having fun. I am having a great time here and I am all involved in this wonderful research. Why do I want to go waste my time and manage the thing?* » » (L. ROBERTS, *Interview by Arthur L. Norberg. 4 April 1989. San Mateo, California, art. cit.,* p. 6)

[36] « *He (Herzfeld) called me in and said, « I think it's in our best interest that you think about this and it will be beneficial to your career* » »(L. ROBERTS, *art. cit.,* p. 6).

[37] En décembre 1966, il quitte donc Boston pour Washington et (pour la petite histoire), n'ayant pas encore de maison, se fait héberger avec sa famille chez Robert Taylor pour les fêtes de Noël.

Sutherland[38] ; à l'extérieur de l'ARPA, Taylor reçoit les encouragements (sans doute ambigus[39]) de Wes Clark et ceux, plus lointains, de Licklider, alors immergé dans le *Project MAC*.

Nous avons vu la longue réticence de Larry Roberts, pourtant fervent partisan des réseaux d'ordinateurs, à être « détourné » de ses recherches. Enfin, Taylor va rencontrer, comme nous le verrons plus loin, un accueil pour le moins tiède des ARPA's Contractors, peu convaincus de l'intérêt de partager leurs ressources et de connecter leurs machines.

Au final, seuls la détermination de Taylor et le soutien institutionnel de l'ARPA permettront au projet de franchir ces premiers obstacles et de « gagner en réalité ». Mais la route est encore longue...

4.4.6 Différences de devenirs pour des recherches identiques

Nous avons évoqué les deux principales recherches, menées à la même époque aux Etats-Unis sur le même mode de transmission de données : les travaux de Kleinrock conduits entre 1959 et 1962 au MIT, qui ont une vocation plus théorique et ne sont pas liés à un projet technique précis, et ceux de Baran, développés entre 1961 et 1965 à la RAND Corporation, qui prennent leur source dans un projet technique et militaire.

A la même époque mais outre-Atlantique, sont menés des travaux similaires : ceux de Donald Davies et Roger Scantelbury, conduits entre 1964 et 1967 au NPL *(National Physical Laboratory)* en Grande-Bretagne. Le physicien britannique Donald Davies sera d'ailleurs l'inventeur du terme de « *packet switching* », désignant la commutation par paquets.

A l'automne 1965, au moment de l'enterrement du projet de Paul Baran, Davies publie un premier article sur un réseau d'ordinateurs fonctionnant selon les principes de la transmission par paquets. A partir de préoccupations très différentes - l'adaptation du système téléphonique britannique, fondé sur la commutation par circuits, au transfert des données numériques - , Davies arrive aux mêmes conclusions techniques que Paul Baran, dont il ne connaîtra les travaux qu'une fois les siens achevés.

Les nombreuses ressemblances entre les deux recherches parallèles de Davies et Baran donnent à penser qu'il existe une sorte de « déterminisme technique », ou une logique interne à la technique, irréductible et totalement indépendante des conditions sociales de l'innovation. La

---

[38] Mais Sutherland se désengage de plus en plus de l'IPTO, qu'il quitte définitivement en juin 1966.

[39] Nous reviendrons sur la position de Wes Clark, à la fois hostile au projet et coopératif envers les responsables de l'IPTO.

« tendance technique », selon le concept de Leroi-Gourhan se manifeste-t-elle ici, qui justifierait qu'en matière de transmission de données numériques, les paquets de données doivent avoir la même taille et le même débit, comme l'ont découvert, isolément et presque simultanément, Baran, Davies et (dans une certaine mesure) Kleinrock ? [40]

Mais la logique interne des techniques ne suffit pas à expliquer le succès ou l'échec d'une innovation : pourquoi ces trois recherches très similaires, voire identiques (entre Baran et Davies), vont-elles connaître des destins aussi différents, schématiquement résumés ainsi :

- l'échec total pour Baran, dont le projet est abandonné ;
- le succès limité pour Davies, car le réseau construit ne dépassera pas le stade expérimental, Davies et Scantelbury n'arrivant pas, semble-t-il, à obtenir des financements pour le développement de leur projet de réseau ;
- le succès personnel pour Kleinrock, dont les travaux seront les premiers utilisés dans la genèse d'ARPANET.

Seuls les réseaux socio-techniques tissés par les acteurs de l'innovation, *i.e.* les forces, sociales et techniques, agrégées autour d'un projet, leur plus ou moins grande étendue, peuvent expliquer le succès ou l'échec d'un projet.

Reprenons rapidement les trajectoires dissymétriques des recherches de Baran et Kleinrock et la réalité des liens entre le projet de Baran et celui d'ARPANET[41].

4.4.6.1 L'isolement de Paul Baran et le statut paradoxal de son rapport

Nous avons souligné l'isolement de Paul Baran comme l'une des raisons majeures de l'échec de son projet. Se heurtant à des forces plus puissantes que lui, notamment AT&T, et bien que disposant du soutien de ses puissants alliés de la RAND et de l'US Air Force, Baran ne parviendra pas à réaliser son réseau distribué, faute d'autres forces capables de s'en emparer.

Un dernier fait essentiel doit être relevé : l'absence de liens entre Baran et certains protagonistes d'ARPANET. En effet, Roberts ne découvrira les travaux de Paul Baran qu'après le lancement du projet, lors de la Conférence à Gatlinburgh à la fin 1967[42]. Par ailleurs, au moment du lancement du projet *d'ARPA Network*, Roberts ne connaît pas non plus les travaux de Davies et

---

[40] Nous essaierons de développer cette question théorique dans la dernière partie, dans la section 7.1.4 : « Entre logique technique et logique d'acteurs... ».

[41] Nous ne pouvons traiter le devenir du projet des britanniques Davies et Scantelbury, n'ayant pas fait de recherches sur ce point.

[42] Voir plus loin la section 5.2.4 : « Convergence des recherches sur la transmission par paquets... »

Scantelbury. Et en 1967, Paul Baran, dont le rapport paraît avoir été critiqué dans la communauté scientifique, s'élèvera contre l'implantation du réseau décidée par l'ARPA.

Même si des relations s'établiront par la suite entre Baran et les responsables d'ARPANET et aussi étonnant que cela puisse paraître, il est quasi-certain aujourd'hui qu'il n'existe, au départ, aucun lien direct entre ces deux projets aussi proches. Il a pu y avoir, en revanche, des influences indirectes de Baran sur Robert Taylor, comme nous le verrons plus loin.

Il faut enfin relever le statut paradoxal de ce Rapport Baran, placé dans l'histoire « grand-public » à l'origine d'Internet et, à l'inverse, mis aux oubliettes par de nombreux acteurs d'ARPANET, probablement excédés par la rumeur de l'origine militaire du réseau[43].

4.4.6.2 Le lien Kleinrock-Roberts et ARPANET

Inversement, le lien entre l'autre pionnier américain de la transmission par paquets, Leonard Kleinrock et le projet ARPANET, est patent et direct.

Par son article de juillet 1961, Kleinrock apparaît comme l'un des tout premiers concepteurs de la théorie de la transmission par paquets. Dans son interview au CBI, il fait néanmoins référence aux travaux de Baran, qu'il connaissait bien et dont il a présenté les résultats dans sa thèse. Il a par ailleurs l'honnêteté intellectuelle de créditer Paul Baran d'avoir eu les premières intuitions d'un autre mode de transmission[44], mais en ajoutant aussitôt que ses travaux ne l'ont pas vraiment influencé.

Mais l'antériorité des travaux est moins importante que leur devenir. Et l'exemple des travaux pionniers de Kleinrock sur la commutation par paquets illustre à merveille l'un des principes majeurs de la « science en action », établis par Bruno Latour : le sort des énoncés (notamment scientifiques) est entre les mains des autres et la fabrication des faits scientifiques et techniques est un processus collectif.

Car ce qui aurait pu rester une théorie originale mais méconnue, élaborée par un chercheur non moins original et guère plus connu à ce moment-là, va devenir le fondement technique du futur

---

[43] L'histoire détaillée du projet de Baran serait d'ailleurs très intéressante à faire et à connaître. Malheureusement, nous n'avons pu disposer de l'interview donnée par Paul Baran au Charles Babbage Institute, interview rendue indisponible pour des raisons que nous ignorons. Par ailleurs, hormis les textes mêmes du Rapport Baran, disponibles sur le web, nous n'avons pas trouvé beaucoup d'informations sur le devenir de ce projet, comme si, trente-cinq plus tard, le Rapport Baran restait toujours entouré d'un certain mystère ou d'une certaine forme de dénégation. Il est frappant de constater, par exemple, dans les interviews des acteurs d'ARPANET l'absence assez générale de références au travail de Baran, sauf pour s'en démarquer.

[44] « *But I would credit him with the first ideas* », confie-t-il. (L. KLEINROCK, *art. cit.*)

ARPANET, par la traduction importante opérée par l'intervention d'un autre acteur, Larry Roberts.

Si des liens personnels étroits unissent les deux jeunes chercheurs, issus du Lincoln Lab, ces liens sont également de nature intellectuelle. Et selon Roberts[45], le travail de Kleinrock a eu une influence majeure pour la conception du réseau ARPANET, en démontrant, contrairement aux avis de nombreux experts en communication, que la transmission par paquets pouvait fonctionner.

Le lien entre la filière « Kleinrock/transmission par paquets » et celle de « Roberts/ARPANET » connaîtra par ailleurs une nouvelle traduction, lorsque Roberts fera appel à son ami et ancien collègue pour mettre en place le centre de mesure du réseau en construction (le NMC).

Pour conclure sur l'influence respective de ces deux recherches, il nous semble clair que, dans l'entrelacs compliqué des multiples filières d'ARPANET, ce sont les travaux de Leonard Kleinrock qui ont été à l'origine de l'inspiration technique de Roberts pour concevoir le réseau, dont nous allons maintenant retracer la difficile naissance.

[45] ROBERTS, Lawrence G. *Internet Chronology*. [En ligne], *op. cit.*, p. 1

5. L'EMERGENCE D'ARPANET : 1967-1969

Avec la période 1967-1969, nous arrivons à la partie la plus connue de l'histoire d'ARPANET, celle de la gestation menant à la naissance du réseau en novembre 69 et, en ce qui nous concerne, à la dernière partie de notre recherche. S'agit-il pour autant de la dernière étape du processus de traduction d'ARPANET ?
Comment caractériser cette période du point de vue de la terminologie de la traduction ? Correspond-elle, par exemple, à ce que Callon et Latour nomment la « mobilisation des alliés »[1] ?

Pour pouvoir répondre à cette question, il nous faut revenir un instant sur la délicate question de la périodisation du processus d'émergence et sur les problèmes posés par la sociologie de la traduction à l'histoire des innovations. La qualification d'une période (*i.e.* la question de savoir si l'on est au début, au milieu ou à la fin d'un processus, s'il s'agit de la « problématisation, de l'intéressement ou de la mobilisation ») est fonction du niveau d'échelle adopté et de la périodisation générale choisie. Autrement dit, pour filer la métaphore photographique, tout dépend de la distance focale du « zoom » choisie par l'observateur. Ainsi deux qualifications sont tout aussi possibles et cohérentes pour décrire la période 67-69 dans le processus d'émergence d'ARPANET.

Si l'on considère d'assez loin ce processus d'innovation, comme un processus de longue durée se déroulant sur une quinzaine d'années et concernant de multiples entités et filières socio-techniques - ce qui a été notre point de vue dès le départ - , alors cette période de deux ans semble correspondre à la phase finale du processus de traduction : la mobilisation des alliés, la convergence des réseaux aboutissant à la fermeture de la boîte noire de l'innovation. En effet, dans une perspective de long terme, les faits, les traductions, les événements qui vont survenir,

[1] Rappelons brièvement cette notion de mobilisation d'alliés, définie comme étant l'étape débouchant sur la « ponctualisation » d'un réseau, *i.e.* l'imbrication suffisamment solide d'entités hétérogènes pour devenir une nouvelle boîte noire, un nouvel objet technique, en bref une nouvelle réalité. Mobiliser des alliés, préalablement intéressés et enrôlés signifie, selon D. Vinck, « *rendre mobiles des entités qui ne l'étaient pas* », déplacer de multiples intermédiaires et acteurs et les situer dans de nouvelles chaînes d'associations. La mobilisation passe par la désignation de « porte-parole », la sélection d'intermédiaires (objets, textes, etc.), la « *mise en place d'une cascade d'intermédiations et d'équivalences entre les multiples entités, pour en réduire la multitude* » (Vinck, 1995 : 207). Au final, cette série d'opérations de déplacements, de sélections, de simplifications, de rapprochements, de normalisations, etc.. aboutit à la ponctualisation d'un nouveau monde, à l'émergence d'un nouveau réseau, transformé en acteur à part entière (*i.e.* en « acteur-réseau ») et devenant peu à peu irréversible, si les conditions de l'irréversibilisation sont réunies.

depuis l'arrivée de Roberts à l'ARPA au début 67 jusqu'aux premières connexions de l'automne 69, paraissent s'enchaîner les uns les autres selon une logique quasi-irréversible. Après avoir longuement décrit les préalables, les premières « couches » de la sédimentation d'ARPANET (notamment la longue montée en force de l'informatique interactive), ainsi que l'exceptionnelle conjonction des facteurs de succès de l'innovation, tout ce qui va suivre pourra paraître dès lors « couler de source ».

Moyens financiers, soutiens politiques, visions stratégiques, modes efficaces de management, rapidité et souplesse d'intervention, talents individuels, imaginaire technique puissant, densité du réseau social des chercheurs, etc. : toutes les conditions semblent réunies au début 1967 pour que le projet de « l'ARPA Network », échafaudé par Taylor, prenne corps et se réalise sans coup férir.

Dans un « zoom arrière » panoramique, survolant l'ensemble du processus d'émergence depuis le milieu des années 50, ces années 1967-1969 correspondent donc à la dernière étape de la mobilisation des entités impliquées dans le projet.

Par contre, dans une perspective du court terme, une description plus fine des micro-processus, autrement dit dans un « zoom avant » opéré à l'échelle des acteurs de l'innovation eux-mêmes, le regard changera et la même période 67-69 peut être considérée comme totalisant l'ensemble du processus de traduction d'ARPANET. Dans cette vision, aussi juste et légitime que la première, l'incertitude continue de dominer de part en part le processus de l'innovation technique : tout reste à faire et rien n'est joué dans la naissance du nouveau réseau informatique.

La question de l'échelle de description retenue est bien centrale dans l'histoire des innovations.

Dans cette deuxième perspective d'observation à l'échelle « micro », qui condense l'ensemble du processus de traduction d'ARPANET dans cette courte période de deux ou trois ans, quelles étapes pouvons-nous y dégager ?

La problématisation avancée par Taylor en février 1966, c'est-à-dire l'idée d'interconnecter les centres de recherche de l'ARPA, a gagné en réalité avec le recrutement, particulièrement laborieux, d'un chef de projet à l'IPTO en la personne de Larry Roberts, premier « allié » particulièrement précieux de Taylor dans son entreprise.

Mais le plus dur reste à faire : convaincre les autres acteurs humains, en l'occurrence les chercheurs de l'ARPA, d'accepter l'idée de partager leurs ressources et de s'impliquer dans le projet, « intéresser et enrôler » les entités techniques, les artefacts qui vont devoir composer ce réseau d'ordinateurs de façon à les faire « tenir ensemble ». En d'autres termes, concevoir les plans d'un réseau informatique totalement nouveau et réussir à faire communiquer entre eux des

ordinateurs hétérogènes. Il faudra également enrôler de nouveaux acteurs pour construire ce réseau.

Qu'il s'agisse de la composante sociale ou de la composante technique de l'innovation, toujours indissociables, la tâche sera donc la même pour les initiateurs d'ARPANET : elle correspond à ce que Callon et Latour appellent l'intéressement et l'enrôlement d'alliés. Chercheurs de l'IPTO, machines, protocoles, universités, entreprises... : il s'agit toujours de convaincre, détourner les autres entités, les redéfinir, leur attribuer de nouveaux rôles, les déplacer dans de nouvelles configurations. Ce travail difficile, souvent obscur et conflictuel va dominer, selon nous, les années 67 et 68. Et sans tomber dans les découpages trop artificiels, nous considérerons l'année 1969 comme celle de la véritable mobilisation de toutes ces entités (acteurs humains et non-humains), patiemment et difficilement « enrôlés » dans le projet de réseau de l'ARPA.

Fidèle à notre démarche de suivi patient des acteurs et actants du processus, nous tâcherons donc, pour cette dernière partie de notre récit, de continuer à décrire les déplacements et les trajectoires des uns et des autres.

Avec une importante réserve toutefois : hormis un ou deux événements précis - comme la réunion d'avril 67 - , nous ne descendrons pas au même niveau de détail dans la description que celui choisi pour les périodes précédentes.

Deux raisons à cela :

- d'une part, la naissance d'ARPANET est mieux connue que sa longue gestation (et le livre de Hafner-Lyon constitue, à cet égard, la source la plus précieuse, disponible en France) ;
- d'autre part et surtout, la poursuite de notre « récit », au même niveau d'échelle que celui utilisé jusqu'à présent, risquerait de doubler le volume déjà important de cette thèse et nécessiterait un prolongement hors de propos de la recherche.

Une histoire détaillée de la naissance d'ARPANET, fondée sur une observation ethno-méthodologique réalisée selon les canons de la sociologie de la traduction, reste à faire.

5.1 Un projet très minoritaire : la difficile problématisation du projet de Taylor et Roberts

Nous reprenons notre récit en décembre 1966, lorsque Lawrence Roberts rejoint enfin l'ARPA et devient Responsable Scientifique (*Chief Scientist*) à l'IPTO à l'âge de vingt-neuf ans, avec pour mission principale la conception d'un réseau d'ordinateurs hétérogènes, devant permettre le partage des ressources informatiques entre les laboratoires des équipes des ARPA's Contractors. Au-delà de la mise en oeuvre de ce projet de réseau, Roberts est recruté avec le projet, très explicite, de prendre la succession de Taylor à la tête de l'IPTO, conformément aux règles tacites de cooptation des dirigeants. De fait, en tant que *Chief Scientist,* Roberts va partager dès son arrivée la direction de l'IPTO avec Taylor, celui-ci se consacrant surtout au management et laissant à son nouvel associé la responsabilité scientifique des projets.

Rappelons une fois encore que le programme de Roberts (selon l'intéressé lui-même) n'a rien à voir avec la guerre nucléaire ou la capacité de survie des réseaux militaires et, en janvier 1967, Roberts n'a jamais entendu parler de Paul Baran ni de son projet de réseau distribué.
Ce projet du réseau de l'ARPA ne concerne, au début de 1967, que très peu de personnes : les deux responsables de l'IPTO Taylor et Roberts, leur adjoint Barry Wessler, le Directeur de l'ARPA Herzfeld (qui suit le projet de très loin), probablement quelques responsables du Pentagone (le DDR&E) et, chez les chercheurs, quelques personnes déjà informées des projets de Taylor, comme Licklider et Wes Clark. Il semble que la plupart des contractants de l'ARPA ne soient pas encore informés du projet.

5.1.1 Le lancement laborieux de l'ARPA Network

Tous les témoignages des acteurs d'ARPANET concordent sur cette donnée essentielle : le projet a été difficile, non seulement à mettre en oeuvre, mais surtout à lancer dans la communauté des chercheurs.
Avant de retracer les controverses et les clivages suscités, quel est le statut officiel, au sein de l'ARPA/IPTO, du projet ? Premier élément important à ne pas perdre de vue : alors que les projets de recherche financés par l'IPTO proviennent des chercheurs eux-mêmes, ou bien sont des projets élaborés en commun par un chercheur et l'IPTO, comme nous l'avons vu, ARPANET est le seul (ou l'un des très rares) projet(s) dont l'agence soit elle-même à l'origine.

A ce titre, ARPANET ne donnera pas lieu à un projet de recherche déposé et, pendant longtemps, il n'y aura aucune trace écrite.

Le deuxième élément concerne la question du « label » d'ARPANET : de quelle catégorie relève le projet, selon les grilles en vigueur à l'ARPA ? Taylor livre quelques indications sur ce point et révèle par exemple que, bien qu'ARPANET soit un projet de communication, lui-même l'a toujours considéré comme faisant partie des « *systems project* », *i.e.* des projets de recherche portant sur les systèmes d'exploitation (comme les projets de *time-sharing*). Cette question de la « labelisation » des projets est importante, car le label d'un projet peut influencer et déterminer la conception et l'orientation des recherches. Ainsi, concernant ARPANET, il est clair que le projet de réseau vise à créer une « super-communauté » des communautés de *time-sharing* en les interconnectant : à ce titre, il s'agit bien un projet de communication. Mais, pour Taylor, le principal axe de recherche à développer concerne les moyens, *i.e.* les noeuds de communication, permettant cette interconnexion et non ce qui circule entre les noeuds. Et ARPANET s'inscrit dans cette optique comme un projet de recherche sur les systèmes et non sur la communication.

Les tuyaux avant les données, le canal avant le message, pourrait-on résumer cette question du label initial d'ARPANET.

5.1.1.1 Avril 67 : présentation d'un projet controversé

Si nous avons pris 1967 comme début de cette dernière période cruciale de l'émergence, c'est parce que la première présentation publique du projet de mise en réseau se fait en avril lors de la réunion annuelle des *ARPA's Principal Investigators***,** à l'Université du Michigan à Ann Arbor.

Cette réunion annuelle des PI, à la différence des autres réunions de l'ARPA, est consacrée à un thème unique et spécifique : la mise en réseau.

Qui participe à cette réunion [2]? Entre vingt et trente chercheurs, car tous les PI (*Principal Investigator*) ne sont pas là, selon Wes Clark. Parmi ceux dont la présence est attestée, figurent les responsables de l'IPTO Taylor et Roberts, accompagnés de Allan Blue, responsable du suivi des projets et sans doute de Barry Wessler. Parmi les chercheurs de l'ARPA, Wesley Clark, venu de l'Université de Washington et qui dit avoir été incité par Ivan Sutherland à s'intéresser aux

[2] Selon Judy O'Neill du CBI, il n'y aurait pas de trace écrite de cette réunion, capitale dans l'histoire d'ARPANET, et les seuls éléments connus proviennent des témoignages des acteurs, recueillis notamment dans les interviews du Charles Babbage Institute.

projets de réseau, se rappelle les noms de Dave Evans (de l'Université de l'Utah), de Frank Westervelt (de l'Université du Michigan), de Douglas Engelbart du SRI et de plusieurs chercheurs du MIT, dont Robert Fano (et peut-être Corbato et Minsky). McCarthy semble également présent à cette réunion, ainsi que Jon Postel, alors doctorant à UCLA.

En revanche, parmi les absents figure Leonard Kleinrock, selon la chercheuse du CBI Judy O'Neill, qui ne précise pas la raison de l'absence du père de la théorie de la transmission par paquets. Quant au visionnaire des réseaux, Licklider, sa présence à Ann Arbor n'est mentionnée dans aucun des témoignages que nous avons consultés[3].

Première observation : la réunion de lancement d'ARPANET ne rassemble pas tous les chercheurs en contrat avec l'ARPA ni tous les pionniers de l'informatique interactive et elle est considérée comme une réunion habituelle des PI.

Lors de cette réunion, Taylor et Roberts exposent leur projet de réseau de la manière la plus ferme qui soit. Ainsi Roberts s'adresse-t-il aux chercheurs dans un langage à la fois ouvert et autoritaire, dont il rappelle les termes dans son interview au CBI :

> *« Nous allons construire un réseau et vous allez y participer. Et vous allez connecter vos machines. En vertu de cela, nous allons réduire nos besoins en informatique. »*[4]

L'argument économique du partage des ressources très onéreuses des ordinateurs est ainsi clairement mis en avant par le nouveau responsable de l'IPTO, qui ajoute également un deuxième argument beaucoup plus coercitif, véritable chantage au matériel fait par l'IPTO à ses contractants : « *Afin que vous compreniez, nous ne vous achèterons aucun nouvel ordinateur tant que vous n'aurez pas utilisé toutes les ressources du réseau* ».

Les *ARPA's Contractors* sont ainsi fermement invités par Roberts et Taylor à partager leurs ordinateurs, leurs informations, leurs résultats, à s'entraider, à examiner toutes les idées... Roberts propose d'interconnecter les différents ordinateurs de chaque site, transformés en ordinateurs « hôtes » *(host)* ayant une double tâche : ordinateurs de recherche pour les travaux propres à chaque site et ordinateurs de communication pour les liaisons entre les sites.

C'est peu dire que le projet et les modalités de son énonciation suscitent un accueil très mitigé chez de nombreux chercheurs. Les réactions sont franchement hostiles chez quelques uns et la

---

[3] Aussi étonnant que cela puisse paraître, Licklider ne semble pas avoir participé directement à la naissance de ce réseau informatique qui lui doit tant.

[4] L. ROBERTS, *Interview by Arthur L. Norberg. 4 April 1989. San Mateo, California, art. cit.*, p. 8

réunion de Ann Arbor d'avril 67 restera dans les annales de l'IPTO comme l'une des plus houleuses[5].

Le lancement d'ARPANET suscite donc un premier accroc dans le réseau des chercheurs de l'ARPA entre partisans et adversaires du projet. Car l'idée de Taylor et Roberts rencontre tout de même le soutien de quelques chercheurs - à peine une demi-douzaine selon Wes Clark - , qui se déclarent intéressés pour s'investir dans un projet que la majorité des ARPA's Contractors jugent peu utile, compliqué voire impossible à mettre en oeuvre. Parmi ces rares chercheurs convaincus de l'intérêt du réseau figure notamment Douglas Engelbart, qui y voit la confirmation et la réalisation possible de son projet de messagerie collective, NLS (*oN-Line System*). Engelbart se déclare donc volontaire pour développer un centre d'information du réseau, sur lequel nous reviendrons.

En dépit des réticences et des oppositions, la réunion de Ann Arbor débouchera cependant sur des décisions importantes. La nécessité d'élaborer des conventions communes sur la transmission des données, *i.e.* des protocoles, conduit à la constitution d'un premier groupe de travail sur les protocoles, placé sous la responsabilité de Frank Westervelt.

5.1.1.1.1 L'idée de Wes Clark à l'origine des IMP

Les débats et les controverses ne divisent pas seulement partisans et adversaires du projet de réseau. Il apparaît que les conceptions développées par Roberts dans son avant-projet aient suscité un désaccord au sein même de l'IPTO.

En effet, le plan initial de Roberts repose sur l'idée d'un réseau centralisé, piloté par une grosse machine au centre du pays, ce qui suscite l'inquiétude de Robert Taylor[6], partisan d'un réseau distribué. Taylor, très soucieux de cette conception de l'infrastructure technique envisagée par Roberts pour le réseau, en a déjà parlé auparavant à Licklider, qui partage totalement ses vues sur la nécessité d'un réseau décentralisé[7].

---

[5] Le témoignage de Robert Fano est très éclairant à cet égard : le responsable du Project MAC fait partie des chercheurs qui manifestent de fortes réticences devant le projet de réseau. Fano est surtout en désaccord avec la façon dont Taylor voit les choses : il considère que Taylor essaye de forcer la main aux PI pour prendre des décisions techniques sur son projet de réseau, ce que Fano considère comme un non-sens. Il aurait même déclaré qu'il s'agit d'une « maison de fous », ce que Taylor ne lui pardonnera jamais et il s'oppose notamment à l'idée de ce dernier de faire un comité pour mettre en place le réseau : « *ARPANET n'était pas quelque chose que l'on pouvait faire par un comité* » (R. FANO, *Interview by Arthur L. Norberg. 20 April 1989. Cambridge, Mass, art. cit.*, p. 14).

[6] Selon son témoignage, c'est seulement au cours d'une discussion dans la voiture qui les conduit de l'aéroport à la conférence que Taylor découvre le plan du réseau élaboré par Roberts, ce qui témoigne de son relatif désengagement par rapport à son propre projet, désormais entre les mains de Larry Roberts.

[7] Il est possible que Taylor, déjà responsable de l'IPTO depuis deux ans, ait été au courant des travaux de Paul Baran et l'idée d'un réseau distribué ne pouvait que le séduire.

Et c'est au cours de l'un de ces moments informels décisifs[8], dont l'histoire d'ARPANET est si riche, que le plan initial de l'ARPA Network va connaître sa première transformation majeure.

En effet, Wes Clark, pourtant l'un des plus sceptiques sur l'intérêt même du projet, propose à Roberts un tout autre plan pour le réseau : au lieu d'intégrer le logiciel dans chaque machine et de faire un réseau centralisé, le vétéran de l'informatique suggère de placer le logiciel de communication dans des mini-ordinateurs distincts, sortes de « serveurs » dédiés au transfert des données. L'idée de Wes Clark est en fait celle de la construction d'un « réseau de base », ou sous-réseau (*subnetwork*), composé de circuits téléphoniques et de noeuds de commutation devant permettre le partage des ressources entre ordinateurs. Bien que ne sachant pas s'il existe alors de tels mini-ordinateurs, Roberts est immédiatement d'accord avec l'idée de son ancien mentor. Et pour concevoir un tel réseau de communication, Wes Clark suggère à Roberts de faire appel à l'un des ingénieurs les plus brillants dans le domaine des systèmes en temps réel : Frank Heart, un ancien collègue du Lincoln Lab qui travaille désormais chez BBN.

Le projet d'ARPANET vient de subir sa première « traduction » technique, encore théorique et informelle pour le moment mais néanmoins décisive.

5.1.1.2 Les réticences des chercheurs de l'ARPA

Il nous faut revenir sur cette donnée importante du lancement d'ARPANET : l'idée de mise en réseau des ordinateurs de l'ARPA est tout sauf consensuelle, du moins au début du projet. Taylor et Roberts vont devoir surmonter beaucoup de réticences, vaincre des inerties et neutraliser les oppositions de plusieurs acteurs.

Et il est frappant d'observer que les premiers obstacles rencontrés proviennent des destinataires du projet, *i.e.* les chercheurs.

Pour quelles raisons ces chercheurs, pour la plupart pionniers de l'informatique interactive et du *time-sharing* et innovateurs de talent dans les domaines les plus divers de l'informatique (IA, systèmes, interfaces, etc.), renâclent-ils devant ce qui apparaît comme l'une des idées les plus novatrices de l'époque ?

---

[8] Au cours de la réunion des ARPA's Contractors, Taylor a fait part de ses inquiétudes à Wes Clark, qui a alors une grande influence sur Roberts. Et Taylor, ne pouvant convaincre lui-même Roberts, s'arrangera au retour de la conférence pour que Roberts et Clark puissent faire la route ensemble jusqu'à l'aéroport, de façon à ce que Wes Clark arrive à ébranler Roberts et le convaincre qu'un réseau, reposant sur de petits ordinateurs répartis, est nettement préférable (d'après R. TAYLOR, *Interview by William Aspray. 28 February 1989. Palo Alto, California, art. cit.*, p. 19). Cette discussion lors du trajet de retour de l'université à l'aéroport de Ann Arbor est confirmée par les trois protagonistes : Clark, Taylor et Roberts.

La résistance à l'innovation, phénomène courant de toutes les inventions, irait-elle se nicher y compris chez les plus innovateurs ? Cette explication semble peu plausible : les PI de l'ARPA, à la différence des grandes entreprises comme IBM ou AT&T, sont poussés par une logique d'innovation permanente. Leur raison d'être est la recherche informatique et on ne peut leur imputer une inertie, un conservatisme technique ou une quelconque frilosité intellectuelle devant tout nouveau projet. Le conservatisme technique semble davantage caractériser certaines entreprises, comme nous l'avons vu en évoquant l'attitude fermée d'AT&T devant les propositions révolutionnaires de Paul Baran[9].

S'agit-il alors d'un désaccord avec la méthode des dirigeants de l'IPTO, notamment la conception autoritaire de Taylor, voulant faire adopter des décisions techniques jugées prématurées ? Il est fort probable que le discours « musclé » et le chantage au matériel de Roberts ont dû irriter plus d'un chercheur, comme en témoigne Robert Fano. Sans doute l'élément « générationnel » a-t-il joué un certain rôle dans le blocage de la majorité des PI. De nombreux chercheurs confirmés, professeurs chevronnés comme Wes Clark, Robert Fano ou d'autres, ont pu mal réagir à un discours aussi autoritaire, provenant de collègues beaucoup plus jeunes qu'eux. Mais si le facteur « psychologique » a pu intervenir, il ne permet pas de rendre compte de l'opposition des chercheurs au projet de réseau.
Les véritables raisons sont finalement plus prosaïques et assez compréhensibles. On peut en donner au moins trois.

Selon Roberts, la plupart des chercheurs ne sont pas opposés, en théorie, au projet de réseau et de partage des ressources ; dans les faits, ils sont assez réticents pour partager leur machine. Ce que confirme Taylor, qui explique que « *certains voyaient initialement ce projet comme une occasion pour quelqu'un d'autre d'arriver à utiliser leurs cycles* (de fonctionnement des machines). *Ils n'avaient jamais assez de cycles* »[10].
Taylor nous livre ici, incidemment, la clef du manque d'enthousiasme initial des *ARPA's Contractors* pour un réseau de partage des ressources : si les ressources informatiques sont devenues très chères pour l'IPTO, qui ne peut plus se permettre de financer un réseau éclaté, constitué d'énormes matériels hétérogènes, de projets isolés les uns des autres, de leur côté les chercheurs rencontrent, à l'échelle de leur université, les mêmes problèmes matériels et

---

[9] L'inertie ou l'aveuglement d'AT&T sur l'innovation se retrouvera d'ailleurs face au projet ARPANET. Voir sur ce point HAFNER et LYON, *op. cit.*, p. 272

[10] TAYLOR, R. *Ibid.*, p. 17

financiers. Partager une machine rare et coûteuse, dont les capacités de mémoire et de traitement sont encore très limitées à l'époque, avec d'autres collègues extérieurs ne va alors pas de soi et cette idée de réseau ne les enchante guère.

> *« Une attitude particulièrement marquée chez les chercheurs des universités de la côte Est, qui ne voyaient aucune raison de s'associer aux campus de l'Ouest. »*[11]

Première raison à cette controverse interne (IPTO *vs* ARPA's Contractors) : les intérêts matériels (au sens large : financiers, pratiques, etc.) divergents des uns et des autres. L'IPTO veut imposer un partage des ressources qui ne correspond pas forcément à l'intérêt immédiat des chercheurs.

Par ailleurs, de nombreux chercheurs ne voient pas du tout l'intérêt d'un tel échange de ressources et d'informations ; chacun fonctionne alors en circuit fermé, les échanges se font lors de ces rencontres annuelles organisées par l'ARPA et la plupart des PI semblent se satisfaire de cet état de choses. Ce qui est un « problème » pour les dirigeants de l'IPTO (l'absence de communication interne fiable au sein du réseau) n'en est pas un pour les chercheurs, comme en témoigne cette interrogation de Jon Postel (qui sera bientôt l'un des pionniers d'ARPANET) : « *Pourquoi aurais-je besoin de l'ordinateur de quelqu'un d'autre alors qu'ici tout va bien ?* » [12]
Deuxième raison : la non-perception par les chercheurs des avantages attendus du réseau.

On voit déjà, par ces deux premières raisons, que les acteurs concernés sont loin de partager la même définition du « problème technique » [13] posé par l'ARPA : le partage des ressources informatiques. Bien qu'il soit excessif de considérer les chercheurs en contrat et les responsables de l'IPTO comme des groupes sociaux différents - compte-tenu de leurs mêmes origines et de leur profil commun - , on peut néanmoins les considérer, dans ce contexte précis, comme des groupes d'acteurs ayant des intérêts et des conceptions spécifiques. Et pour que l'innovation puisse réussir, il faudra un accord sur la définition du problème à résoudre, *i.e.* la communication des données entre les différentes universités.

En désaccord sur la nature du problème, les chercheurs le sont encore plus sur la solution technique proposée. Car le plan du réseau présenté par Roberts apparaît immédiatement aux PI

---

[11] HAFNER, LYON, *op. cit.*, p. 86

[12] *Ibid.*, p. 87

[13] La notion de « problème » pertinent, propre à chaque groupe d'acteurs concernés par un nouvel objet technique, et entremêlant des facteurs sociaux et techniques, est une notion majeure des modèles de l'innovation dits du constructivisme social (sur ce point, voir D. VINCK, *Sociologie des sciences*, *op. cit.*, p. 245-247.

comme un projet technique sinon infaisable, du moins particulièrement compliqué. Un véritable défi technique, qui risque de mobiliser les chercheurs et leurs équipes, alors qu'ils sont déjà engagés dans d'autres travaux de recherche.

En avril 1967, personne n'a la moindre idée de la façon de faire communiquer des ordinateurs hétérogènes. Les langages de programmation, les systèmes d'exploitation, les ordinateurs... : tout sépare le Sigma-7 de UCLA du TX-2 du MIT ou du SDS-940 du SRI (pour ne prendre que ces exemples). Chaque ordinateur est alors un « îlot » technique, totalement incompatible avec ses semblables. Les faire communiquer entre eux relève déjà de la gageure, mais vouloir le faire selon les plans présentés par Roberts va apparaître, aux plus avertis comme Wes Clark, comme une insanité technique. Rappelons que Roberts prévoit initialement de faire communiquer directement entre eux les ordinateurs « hôtes » de chaque université : d'où des problèmes presque insurmontables de langage commun, de compatibilité, etc. Le désaccord technique, même s'il n'est pas formulé clairement par la majorité des chercheurs présents à la réunion de Ann Arbor, est donc inévitable avec le plan de Roberts. Seul Wes Clark parviendra, *in extremis*, à sauver la situation.

Résumons. Si les chercheurs de l'ARPA font un accueil aussi froid au projet de Taylor et Roberts, c'est parce que :

- ils voient (à tort ou à raison, peu importe) tout ce qu'ils risquent d'y perdre : le monopole de l'accès à leur précieuse machine ;
- ils ne perçoivent pas ce qu'ils peuvent y gagner : les ressources des collègues ;
- ce projet « incongru » leur paraît techniquement irréalisable ou très lourd, selon le plan de Roberts.

5.1.1.2.1 La position paradoxale de Wes Clark

Dans la communauté des chercheurs de l'ARPA, la position de Wes Clark est particulièrement intéressante à observer et demanderait de plus amples développements, que nous ne pourrons faire.

Ce pionnier de l'informatique, à l'origine d'un grand nombre d'innovations sur les matériels[14] a gardé, tout au long de sa longue carrière, une position critique constante à l'égard aussi bien du *time-sharing* que des projets de réseaux.

---

[14] Rappelons ses travaux sur le TX-0 et le TX-2 dans les années 50, évoqués dans le point 3.2.4.2.1 : « La série TX-0, TX-2 »

Le fait est suffisamment rare pour devoir être noté car la quasi-totalité des adversaires du *time-sharing* au début des années 60 et, encore plus, d'ARPANET à la fin de la décennie, s'est ralliée depuis au paradigme de l'informatique interactive et des réseaux. Wes Clark, lui, fait partie des très rares chercheurs dont le jugement critique n'a pas varié depuis les années 60 : opposé au *time-sharing* en 1960, comme nous l'avions signalé, il est, non seulement très critique sur les aspects techniques du premier Plan Roberts d'avril 67 mais, tout en proposant une nouvelle configuration, il restera toute sa vie assez hostile à l'idée même du réseau.

Sa participation au projet ARPANET s'arrêtera d'ailleurs à cette proposition technique, faite à Larry Roberts au retour de la réunion d'avril 67. Pourtant Wes Clark aurait pu jouer un rôle majeur dans l'émergence du réseau. En effet, à la fin de son interview au CBI[15], il fait une révélation étonnante : il a été sollicité au tout début du projet pour occuper la première place dans le réseau, sous l'effet, selon nous, d'une conjugaison de deux facteurs de « centralité », sa position personnelle de pionnier et la position géographique de son université.

S'il n'évoque pas, par modestie, sa position personnelle à cette époque, rappelons que Wes Clark occupe, par son prestige de pionnier et de « vétéran », une place de premier plan dans la communauté informatique. Compte tenu de ses liens privilégiés avec Roberts, qui a travaillé sous sa direction au Lincoln Lab, il n'y a rien d'étonnant dans la proposition qui lui est faite par l'ARPA/IPTO. Au début 1967, Wes Clark est bel et bien un acteur majeur, réellement « central » de la recherche informatique et Roberts ou Taylor ont fort logiquement pensé à lui pour les aider à bâtir le réseau.

Par ailleurs, Wes Clark travaille alors à l'Université de Saint-Louis, qui occupe une position géographique également centrale, au plan de la topologie du réseau, Saint-Louis étant à peu près au milieu du pays.

L'ARPA/IPTO lui a donc proposé (probablement dès l'arrivée de Roberts à l'ARPA au début 1967) de faire de l'Université de Saint-Louis, sinon le premier noeud du réseau, voire le noeud central, du moins un centre de ressources pouvant offrir plusieurs services au reste du réseau. Wes Clark refusera tout net cette proposition de mettre sur le réseau son ordinateur, une petite machine sur laquelle il travaille pour le projet de *Macromodule*. Comme les autres chercheurs de l'ARPA, Wes Clark a d'autre projets plus intéressants à mener à ce moment-là et n'a pas trop envie de mettre ses maigres ressources informatiques à la disposition de toute la communauté informatique. Selon son témoignage, ceci constitue la première raison de son refus initial de faire de l'Université Washington à Saint-Louis un noeud du futur ARPA Network.

---

[15] W. CLARK, *art. cit.*, p. 19

Plus fondamentalement, la raison de son refus de participer au projet naissant d'ARPANET vient de son scepticisme. Comme il l'indique lui-même, il ne croit pas au réseau : « *Because I just didn't want to play that game ; that's all*. »[16]

Ainsi apparaît la position pour le moins paradoxale de Wes Clark : alors qu'il aurait pu être l'un des concepteurs d'ARPANET, ce pionnier de l'informatique s'est tenu volontairement à l'écart de toute la naissance du réseau comme de son développement ultérieur. Mais tout en étant opposé à l'idée même du réseau, il est celui qui en fournit la première configuration technique fiable, permettant au projet de se développer. Concluons en observant que Wes Clark, en dépit de ses réticences et ses critiques constantes, ne sera jamais considéré comme un adversaire par les responsables de l'IPTO, avec qui il gardera d'excellentes relations et dont il reconnaît, dans son interview, les immenses mérites.
Sans entrer dans le coeur de cette controverse technique et ne pouvant approfondir les arguments développés par Wes Clark, l'hostilité de celui-ci au projet de réseau illustre la complexité et les paradoxes de l'innovation technique.

5.1.2 Au-delà de la controverse, trois fondements du réseau

Quel bilan est-il possible de tirer de cette réunion houleuse d'avril 1967, qui marque le point de départ « visible » d'ARPANET ?

En dépit des oppositions des chercheurs de l'ARPA et des controverses techniques apparues sur la conception technique, la réunion de Ann Arbor témoigne d'abord de la ferme volonté des dirigeants de l'IPTO à construire ce réseau.
Mais surtout trois grandes orientations vont se dégager à l'issue de cette réunion, qui vont encadrer les recherches, mobiliser les chercheurs pendant plusieurs années et conduire à la réalisation d'ARPANET.

---

[16] *Ibid*. Et il continue de ne pas y croire, puisqu'il montre, dans l'interview de 1990 du CBI, toute sa réticence actuelle face aux réseaux (« *Because I think networks are a mistake. They don't work* »). S'il reconnaît que le courrier électronique fonctionne bien et constitue l'application la plus intéressante du réseau, Wes Clark dénonce le caractère incontrôlable d'Internet (« *It's a mess* » dit-il, *i.e.* c'est le désordre, la pagaille), les utilisations dangereuses ou « répugnantes » du réseau. (*Ibid*., p. 18)

Tout d'abord, la conception de protocoles communs de communication pour faire fonctionner le réseau est posée comme une priorité. Le groupe de travail de Frank Westervelt, mis en place à Ann Arbor, inaugure la longue lignée des travaux sur les protocoles de communication, au fondement d'ARPANET et plus tard de l'Internet.

Ensuite la nécessité de construire un ″ réseau de base ″ (*subnetwork*), utilisant des mini-ordinateurs spécialisés pour le réseau. Cet axe de recherche majeur, qui débouchera sur la construction des futurs IMP *(Interface Message Processor*), apparaît à ce moment-là, même de manière informelle et après la réunion, dans la fameuse discussion entre Clark et Roberts.

En d'autres termes, on peut suggérer que les fondements du « *hardware* » (avec les IMP) et du « *software* » (avec les protocoles) d'ARPANET commencent à émerger dès avril 67.

Enfin, puisque le partage des ressources est l'objectif prioritaire de ce projet, l'idée de créer un service d'information chargé de localiser et de rendre accessibles ces ressources distribuées va naître lors de cette réunion fondatrice. Elle est avancée par Engelbart, l'un des rares chercheurs séduits par le projet de Roberts. Non seulement on peut voir dans cette proposition le signe de « l'enrôlement » volontaire de Douglas Engelbart dans le projet ARPANET, allié de poids pour des dirigeants de l'IPTO quelque peu isolés, mais surtout cette idée du pionnier des interfaces conduira à la mise en place de l'un des organismes de régulation les plus importants du futur réseau : le NIC (*Network Information Center*)[17].

Ainsi cette réunion d'avril 1967 nous paraît-elle décisive dans le processus de traduction menant à ARPANET, puisqu'elle condense à la fois les controverses, les problèmes socio-techniques posés par le projet et trois fondements du futur réseau : les protocoles, les ordinateurs spécialisés, la gestion des informations.

5.2 La phase de conception de 1967 à 1968

La tâche de Larry Roberts, qui « porte » désormais le projet de l'ARPA Network, va s'avérer immense dès l'issue de la réunion des PI de Ann Arbor. Il doit tout à la fois :

- redéfinir les grandes lignes du réseau selon les indications de Wes Clark ;
- recruter le chercheur que lui a recommandé celui-ci et qui serait le seul ingénieur capable de concevoir un tel réseau : Frank Heart ;
- et surtout tenter de surmonter les oppositions de ses contractants, car l'IPTO ne peut rien faire sans eux.

[17] Nous présentons plus loin le rôle de cet organisme (voir la section 5.3.2.1 : « Le NIC... »)

En effet, si Roberts et Taylor ont dû quelque peu forcer la main des chercheurs pour leur faire accepter tant bien que mal le projet, l'IPTO ne peut par ailleurs contraindre les mêmes PI à s'engager dans une direction qu'ils refuseraient. Il s'agit donc d'exercer une pression suffisamment « dosée », car l'IPTO a besoin des travaux des chercheurs. Non seulement ce réseau est conçu pour eux et il est hors de question de le construire contre leur volonté, mais de plus il ne peut être bâti sans eux.

On retrouve ici toute la problématique de « l'intéressement et de l'enrôlement » d'alliés, ou comment détourner les autres de leur projet pour les amener vers les siens propres. Cette politique d'intéressement et de détournement des chercheurs en contrat avec l'ARPA est donc le préalable principal, la condition cruciale dont dépend tout le reste.

Cette période, que l'on fera aller d'avril 1967 à la fin 1968, est donc dominée par le rôle-clé des dirigeants de l'IPTO, volontaristes et animés d'un véritable projet. Ils vont utiliser toutes les ressources, tous les moyens de pression de l'ARPA dont ils disposent et notamment leur situation stratégique d'acteur au coeur de la recherche informatique, pour intéresser, enrôler et agréger autour d'eux un ensemble hétérogène et dispersé « d'entités » de toutes natures, souvent récalcitrantes.

Nous résumerons la période par les points suivants :

- le travail « d'intéressement-enrôlement » des PI ;
- les premiers contacts, encore informels, avec BBN à travers Bob Kahn ;
- la consolidation des liens entre l'IPTO et le SRI ;
- le choix des premiers sites à connecter ;
- le lancement de l'appel d'offres pour la construction des IMP ;
- l'organisation des recherches sur les protocoles, autre forme des processus de « capture » des entités non-humaines, *i.e.* des éléments techniques pas encore stabilisés ;
- l'organisation ou l'auto-organisation d'autres dispositifs d'intéressement avec les comités techniques du réseau : NIC, NMC et NWG.

Enfin nous présenterons dans cette partie l'un des textes majeurs publiés à cette époque, qui fournira une large part de l'imaginaire technique des pionniers d'ARPANET, le texte commun de Licklider et Taylor sur la communication par ordinateur.

5.2.1 L'intéressement réussi des PI par le nouveau plan de Roberts

L'IPTO doit, nous l'avons dit, commencer par vaincre les réticences, avouées ou non des PI, comme Minsky, McCarthy, Fano et les autres, peu enclins à partager leur matériel. Selon le témoignage de Roberts, ce n'est qu'au bout de deux ans que les participants au projet commenceront à s'enthousiasmer pour les nouvelles possibilités que leur offre le réseau. Il est intéressant de relever au passage que les opposants les plus virulents au projet semblent se trouver au MIT, ce qui est assez étonnant compte-tenu du rôle pionnier du MIT dans l'émergence du *time-sharing* et de l'idée de réseau.

Dans l'effort d'intéressement-enrôlement des ARPA's Contractors, la « traduction » technique proposée par Wesley Clark va jouer un rôle déterminant.
Dès son retour à Washington, Roberts diffuse dans une note interne, adressé aux PI de l'ARPA (et notamment à son ami Kleinrock), la nouvelle conception du réseau proposée par Wes Clark et reposant sur des ordinateurs intermédiaires, spécialisés, qu'il appelle « serveurs de messages » ou IMP (Interface Message Processors). L'idée de Clark, qui décharge les chercheurs des lourdes tâches de gestion des messages, est bien accueillie par ceux-ci et l'idée du réseau commence à prendre corps.
L'on peut voir ici une nouvelle illustration du caractère hybride des phénomènes techniques : non seulement l'idée des IMP a le mérite de fournir une solution technique cohérente à la question insoluble de la compatibilité des ordinateurs, mais elle a surtout l'immense avantage, aux yeux des chercheurs, de les laisser en dehors d'une tâche qu'ils avaient refusée avec énergie. A partir du moment où un ordinateur spécialisé peut gérer automatiquement les communications entre leurs machines et s'ils n'ont pas besoin de se plonger dans des travaux ingrats de commutation et de routage, les ARPA's Contractors réticents vont commencer à changer d'avis sur le réseau et à étudier ses potentialités. Avec la traduction « Clark-IMP-automatisation du routage-simplification », la troisième raison de l'hostilité des chercheurs au réseau, évoquée plus haut, tombera d'elle-même. La preuve en sera donnée en octobre 1967 à la Conférence de Gatlingburg, lorsque les chercheurs de l'ARPA accueilleront cette fois avec sympathie voire enthousiasme les nouveaux plans du réseau proposés par Roberts, qu'ils avaient critiqué si vivement cinq ou six mois plus tôt. Nous évoquons plus loin l'importance de cette nouvelle conférence.

5.2.2 Premiers liens officieux avec BBN ; le rôle discret de Bob Kahn

Le rôle de l'entreprise de consultants BBN dans la construction d'ARPANET est aujourd'hui connu. On sait que c'est cette entreprise, pionnière du *time-sharing*, qui emportera l'appel d'offres et qui sera chargée de la construction des IMP. Mais au printemps 1967, après la réunion de lancement d'Ann Arbor en avril, quels sont les liens entre l'IPTO et la « troisième université » de Cambridge, dont nous avons montré plus haut la place centrale dans l'émergence de l'informatique interactive ?

Deux personnages vont assurer la jonction, chacun de son côté, avec le projet de *l'ARPA Network* : Bob Kahn et Frank Heart. Les « filières » d'ARPANET se mettent en place mais, concernant BBN, selon des configurations encore distinctes et compliquées.

5.2.2.1 Robert Kahn : premier lien entre l'IPTO et BBN

Entre l'IPTO et ce jeune chercheur, qui sera plus tard au coeur de l'histoire d'Internet, va s'établir très tôt un lien direct, qui ne cessera de se consolider. L'arrivée de Robert E. Kahn dans ce processus d'émergence est emblématique de la prégnance du thème des réseaux d'ordinateurs au milieu des années 60 dans le champ de la recherche informatique.

Robert Kahn est à cette époque un jeune professeur d'électrotechnique au Département d'*Electrical Engineering* du MIT. Il a déjà travaillé au MIT sur les questions de communication et sur la théorie de l'information ; mais au début 1967, alors qu'il se trouve en congé exceptionnel de l'institut, il souhaite travailler sur des projets plus concrets que les mathématiques et notamment sur l'interconnexion des ordinateurs. Il décide de changer de direction et rejoint l'entreprise BBN, afin de monter son propre projet de recherche sur la mise en réseau des ordinateurs. A notre connaissance, il est le seul chez BBN, à ce moment-là, à s'intéresser d'aussi près aux réseaux informatiques.

La « jonction » avec Larry Roberts et le projet de réseau va s'opérer lorsque Kahn envoie une lettre à Roberts, qui vient juste d'arriver à l'ARPA, pour lui faire part de ses idées, sans être informé des propres projets de l'ARPA en matière de réseau. Robert Kahn a probablement croisé l'itinéraire de Roberts au MIT, mais les deux hommes ne semblent pas se connaître avant cette lettre. Pour Larry Roberts, qui vient à peine de commencer à travailler sur le projet de réseau de l'ARPA, la lettre que lui envoie ce chercheur très inventif est une aubaine. Il invite donc Robert Kahn à une rencontre, l'informe du projet de créer un réseau national et se montre

très intéressé par le mémorandum que lui remet son collègue. Cette discussion, au cours de laquelle Roberts demande à Kahn s'il accepte de lui montrer ses travaux au fur et à mesure de leur progression, ne débouchera cependant sur aucune relation formalisée et Robert Kahn, qui n'est pas « ARPA's Contractor », ne participera à aucune des réunions préparatoires d'ARPANET qui vont se tenir pendant l'année 1967-68.

Kahn enverra ainsi à Larry Roberts plusieurs notes de travail sur les réseaux, qui circuleront parmi la communauté des PI et seront reprises et utilisées pour écrire le Plan d'ARPANET (notamment sur la question de la longueur des lignes du réseau). Mais jusqu'au lancement de l'appel d'offres par l'ARPA sur les IMP en juillet 1968, Kahn n'aura aucune relation officielle avec l'ARPA[1]. Ainsi, pendant toute la période de « gestation » d'ARPANET de 1967-68, les idées novatrices de Robert Kahn[2] sur l'architecture des réseaux circulent, avec son accord semble-t-il, et inspirent les concepteurs officiels (Roberts, Shapiro), sans que Kahn lui-même n'apparaisse directement dans le processus en cours.

Nouvelle illustration du caractère collectif et compliqué du processus d'émergence d'ARPANET : « l'attribution » de la paternité du réseau sera une tâche hautement délicate, compte tenu du nombre de chercheurs qui auront apporté leur pierre à l'édifice.

Notons enfin qu'au fur et à mesure de leurs contacts, Kahn et Roberts vont développer une très bonne relation professionnelle et personnelle, qui sera en partie à l'origine, quelques années plus tard, du recrutement de Kahn à l'ARPA/IPTO.

5.2.2.2 Frank Heart ou le « recrutement » différé de BBN

Qui est cet ingénieur, que Wesley Clark pensait être le seul capable de concevoir ce *subnetwork*, dont il a esquissé l'idée à Larry Roberts au retour de la réunion d'Ann Arbor ?

Issu également du MIT et du Lincoln Lab*oratory*, Frank Heart, à la différence de Robert Kahn, connait depuis longtemps Larry Roberts, puisque les deux chercheurs ont travaillé ensemble à la même époque. Frank Heart, un peu plus âgé que Roberts, a commencé sa formation d'ingénieur en électrotechnique au début des années 50 et il fait partie de la génération du *Whirlwind*, du

---

[1] R. KAHN, *Interview by Judy E. O'Neill. 24 April 1990. Reston, VA*, Minneapolis (Minnesota), Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990, p. 2

[2] Au début 1968, Kahn écrira ainsi avec un collègue de BBN, Warren Teitleman, un petit programme interactif de simulation graphique, pouvant être utilisé pour évaluer la performance d'un réseau. Ce travail, basé sur les tout récents développements du traitement graphique et du *time-sharing*, est véritablement pionnier et sera réutilisé plus tard par Kahn lui-même. Mais ce « petit projet » (selon l'expression de son auteur) n'est alors lié à aucun appel d'offres ni directement à ARPANET.

système SAGE et des débuts du Lincoln Lab[3]. Après une quinzaine d'années passées au Lincoln Laboratory, Frank Heart rejoint en décembre 1966 l'entreprise BBN, accomplissant à son tour ce parcours classique, plusieurs fois emprunté par d'autres membres de la communauté de chercheurs en informatique de la côte Est. Très connu et respecté dans le petit monde de la recherche informatique, Frank Heart est sollicité et recruté par les patrons de BBN, notament Dick Bolt, qui cherche un chercheur expérimenté pour diriger un projet sur les applications médicales de l'ordinateur, que BBN a lancé avec le soutien du *National Institutes of Health*.

Le spécialiste des systèmes en temps réel, que Wes Clark conseille à Larry Roberts pour concevoir ces ordinateurs de réseau est donc engagé, au moment du lancement d'ARPANET, sur un tout autre projet. Et celui qui arrive chez BBN, quelques semaines avant Robert Kahn, n'aura rien à voir avec le projet de réseau de l'ARPA pendant plus d'une année.
Pour quelle raison ? Parce que Roberts et Taylor, même s'ils le souhaitent, ne peuvent pas faire appel directement à une entreprise privée pour lui confier la réalisation du « sous-réseau » des IMP. L'ARPA, organisme public, doit passer par la procédure d'adjudication en vigueur, surtout pour un projet issu de l'agence elle-même. Pour concevoir et construire ce futur réseau public, qui restera propriété d'état et sera géré par l'ARPA, les responsables de l'IPTO doivent faire jouer la concurrence et s'orientent vers la procédure de l'appel d'offres, que Roberts et Wessler vont préparer pendant plusieurs mois.
Frank Heart, tout en étant informé des projets de l'ARPA/IPTO, ne participera donc à aucune réunion des ARPA's Contractors et la jonction avec ARPANET ne s'opérera qu'à partir de juillet 1968 avec le lancement de l'appel d'offres.

En résumé, les liens entre l'ARPA/IPTO et BBN, durant cette période 1967-1968, restent très informels et limités aux contacts personnels et épisodiques de Larry Roberts avec Robert Kahn, qui alimente dans l'ombre la réflexion et les idées sur le réseau. Notons enfin que les deux chercheurs de BBN, qui jouent ou vont jouer un rôle crucial dans l'émergence d'ARPANET, Robert Kahn et Frank Heart, ne se connaissent toujours pas, travaillant dans des divisions différentes de l'entreprise, qui compte à cette époque plus de six cents personnes.

[3] Il a ainsi beaucoup travaillé comme programmeur sur le système SAGE et s'est acquis une solide réputation d'ingénieur des systèmes, qui lui a valu de participer à la direction du Lincoln Lab. C'est dans ce cadre qu'il a rencontré Wes Clark, à qui il a appris la programmation et avec qui il a noué une relation d'amitié.

5.2.3 Engelbart et le SRI : des alliés de la première heure

On se souvient que lors de la réunion des ARPA's Contractors de Ann Arbor, Douglas Engelbart est l'un des rares chercheurs séduits par l'idée de Roberts. Pourquoi cette singularité ? A cause de cette « règle » de l'innovation : celle de l'intérêt des chercheurs et des acteurs concernés.
Si le projet présenté par Larry Roberts intéresse à ce point Douglas Engelbart, c'est que, à l'opposé de ses collègues, il travaille alors sur un projet de recherche qui a tout à gagner de la mise en réseau.

5.2.3.1 L'enrôlement volontaire d'Engelbart, la traduction du NLS et la création du NIC

Rappelons rapidement la situation, au début 1967, du visionnaire des interfaces et de la notion « d'augmentation », que nous avons présentée plus haut.

Après la publication en 1963 de son essai[4] qui va le rendre célèbre dans le champ de la recherche informatique du moment et, plus tard, dans l'histoire de l'hypertexte, Douglas Engelbart a commencé la mise en oeuvre de son projet *H-LAM/T (Human using Language, Artifacts, and Methodology, in which he is Trained).* L'objectif essentiel de ses recherches au SRI, financées par l'ARPA dès 1963, reste l'amélioration de la communication homme-machine et concerne les dispositifs techniques d'interface. Dès 1963-64, le projet H-LAM/T, développé au plan théorique dans son essai sur « l'augmentation », se transforme en un projet de recherche plus précis, appelé *NLS* , acronyme de *oN-Line System*.
C'est autour de ce projet de messagerie collective et d'hypertexte que Douglas Engelbart constitue une équipe de jeunes chercheurs, particulièrement inventifs et brillants. De son laboratoire du Stanford Research Institute, l'ARC (*Augmentation Research Center*) vont sortir au fil de ces années de nombreuses inventions majeures de l'informatique, comme l'éditeur d'écran, les fenêtres, les menus déroulants, l'hypermédia et le *groupware*, incluant la téléconférence, et la plus célèbre d'entre toutes ces trouvailles, la souris ou son ancêtre le pointeur, mis au point dès 1964 par Engelbart et Bill English, l'un de ses associés.

Considéré comme le premier système hypertexte informatique fonctionnant réellement, NLS est ainsi à la source de nombreuses innovations et à la croisée de multiples « filières » socio-techniques. Sans les détailler ici, citons seulement :
- l'hypertexte, dans sa version collective et « on-line » (à la différence du Memex de Bush qui incarnait l'hypertexte individuel et « off-line ») ;

[4] « *A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect* »

- la messagerie collective, dont NLS est la première incarnation technique et qui sera à la base des futurs *groupware* ou collecticiels ;
- la bibliothèque numérisée : NLS permet de stocker des documents numérisés et d'y accéder à distance de l'intérieur du SRI.

NLS n'est donc rien d'autre qu'un embryon de réseau reliant les chercheurs du SRI, servant à la fois de messagerie collective, de bibliothèque numérique et d'espace de travail collectif virtuel. Issu des travaux et réflexions sur le *time-sharing*, dont Engelbart a toujours été partisan, le *oN-Line System* constitue donc l'une de ces « communautés en ligne », que Licklider, Fano, Taylor et Roberts n'ont cessé de promouvoir.

On comprend mieux, dès lors, les raisons de l'enthousiasme de l'un des plus anciens ARPA's Contractors pour le projet de Roberts et Taylor. Le réseau de l'ARPA, qui repose sur des objectifs assez proches des siens, lui apparaît comme une intéressante extension possible de son NLS.
Et puisque l'un des objectifs de l'ARPA Network est le partage des ressources et des informations, réalisé déjà à petite échelle au SRI, Engelbart propose de créer, à partir de son système, un centre d'information du réseau qui permettra à chacun de localiser les ressources et les informations. L'idée du NIC (le *Network Information Center*) naît à ce moment-là, en avril 1967.

En résumé, on peut considérer cet « enrôlement » volontaire d'Engelbart dans le projet naissant de réseau comme une double opération majeure de traduction, concernant à la fois son propre projet et celui d'ARPANET.

Tout d'abord, ainsi que l'ont clairement montré Bardini et Horvath[5], la proposition de créer un Centre d'Information du Réseau, fondé sur le système NLS, va faire subir à ce projet et aux travaux menés au SRI une profonde transformation. En effet à partir de 1967, le système NLS, qui fonctionnait jusqu'à présent pour quinze à vingt personnes à l'intérieur de l'ARC, va devoir fonctionner pour une communauté « en ligne » de plus de deux cents utilisateurs ; le système montrera alors ses limites techniques (problème de vitesse de transmission). Par ailleurs, l'usage et la représentation de l'utilisateur changeront également lors de cette traduction : la figure du « travailleur intellectuel », prédominante jusqu'alors, va peu à peu céder la place à celle de « l'informaticien » *(computer person).* Il faut cependant noter que le projet NLS ne disparaîtra

[5] T. BARDINI, A. HORVATH, The Social Construction of the Personnal Computer User, *Journal of Communication*, été 1995, vol. 45, n° 3. p. 40-65

pas et restera autonome par rapport au projet du NIC d'ARPANET, dont il sera un important support technique.

Du point de vue du processus d'émergence d'ARPANET, la participation précoce et la proposition d'Engelbart de créer ce service d'information représentent également une traduction décisive du projet naissant de l'IPTO, dont les effets peuvent être spécifiés selon plusieurs temporalités.

De manière immédiate, c'est-à-dire au printemps 1967, elle constitue un précieux renfort pour les responsables de l'IPTO, qui peinent à intéresser les autres ARPA's Contractors comme on l'a vu ; nul doute que la participation d'un chercheur aussi prestigieux qu'Engelbart au projet de réseau représente un signal fort pour les autres chercheurs. D'autant qu'Engelbart n'est pas seul et qu'il entraîne derrière lui dans cette aventure toute son équipe de l'ARC.
Premier effet de « l'enrôlement » d'Engelbart : un renforcement de « l'acteur-réseau » de l'ARPA/IPTO en voie de constitution autour du projet ARPANET.

A moyen terme, la participation d'Engelbart et la création du NIC vont faire du *Stanford Research Institute* l'un des premiers points d'appui d'ARPANET, souvent minoré dans « l'histoire officielle » du réseau. Nous reviendrons sur cette sollicitation importante du SRI par l'ARPA/IPTO tout au long du projet.

A long terme, la proposition de créer le NIC apparaît également décisive dans l'histoire d'Internet, compte tenu du rôle essentiel qu'il jouera dans le développement du réseau, puisque c'est cet organisme qui aura pendant longtemps la responsabilité de la gestion des adresses IP des machines sur l'Internet.

Enfin, dans une perspective de longue durée, on peut interpréter cette implication d'Engelbart dans la naissance d'ARPANET comme l'un des jalons les plus significatifs de l'entrecroisement historique entre ces deux « lignées », longtemps distinctes et désormais confondues dans le World Wide Web : la lignée de l'hypertexte et celle des réseaux d'Internet. Engelbart et sa problématique de l'hypertexte traduisent ainsi l'une des dimensions majeures et originelles du réseau de réseaux : sa nature informationnelle.

5.2.4 Convergence des recherches sur la transmission par paquets : la conférence d'octobre 1967

Quelques mois après la réunion de Ann Arbor qui voit le lancement difficile du projet, la problématisation de Taylor et Roberts est en passe de réussir. Roberts a élaboré un nouveau plan du réseau, fondé sur les idées de Wes Clark et enrichi des suggestions de Robert Kahn. Il a continué à solliciter, à intéresser les ARPA's Contractors, qui commencent à voir l'intérêt du projet.
Un important colloque scientifique va lui donner l'occasion de présenter la nouvelle mouture du projet et va surtout apporter un enrichissement technique considérable : la transmission par paquets.

Ce colloque, qui se tient en octobre 1967 à Gatlingburg dans le Tennessee, est le Symposium de l'ACM (*Association for Computing Machinery*) sur les « *Operating System Principles* » (principes des systèmes d'exploitation) [6]. L'ACM est l'une des plus anciennes associations professionnelles de l'industrie informatique et le colloque de Gatlinburg regroupe la « crème » de la recherche informatique internationale du moment.

C'est dans ce cadre que Larry Roberts présente son nouveau plan[7] pour un réseau d'ordinateurs, qu'il appelle le réseau de l'ARPA ou « *ARPA Network* » Le projet initial prévoit dans un premier temps la connexion de quatre sites, puis de quinze. Il repose sur le sous-réseau des IMP qui restent à construire ; la recherche prévue doit être soutenue et financée par l'ARPA/IPTO. Cette fois, le projet ne suscite aucune opposition et reçoit même un accueil très favorable de la plupart des participants.
Un aspect technique essentiel est cependant laissé dans l'ombre par Roberts : la question du mode de transmission des données et du type de lignes utilisées. Des lignes spécialisées à quatre fils, du type de celles utilisées lors de la connexion SDC-Lincoln avec Tom Maril, sont préférées aux lignes téléphoniques ordinaires, inadaptées en raison de leur lenteur. Mais Roberts n'a pas encore trouvé une solution technique satisfaisante à la transmission des données entre les ordinateurs, qui devra être très rapide pour permettre au réseau de remplir ses objectifs de partage des ressources.

---

[6] Le *time-sharing* constitue ainsi l'un des principaux thèmes de discussion du symposium et donne lieu à la création d'un sous-comité spécial, appelé *Special Interest Committee on Time-sharing*. Notons que parmi les organisateurs du colloque se trouve Jack Dennis, l'un des pionniers du *time-sharing* au MIT.

[7] *« Multiple Computer Networks and Intercomputer Communication »*.

Simple hasard des processus d'innovation ? Heureuse coïncidence ou logique interne des techniques ? La solution à ce problème crucial du fonctionnement du réseau va être apportée, lors de cette même conférence, par une autre communication importante : celle du chercheur anglais, Roger Scantelbury, membre de l'équipe de Donald Davies au *National Physical Laboratory* (que nous avons mentionné plus haut). Scantelbury présente en détail le projet du réseau expérimental de commutation par paquets, que son équipe est en train d'élaborer au même moment en Grande-Bretagne[8].

Si Larry Roberts ne découvre pas vraiment ce nouveau mode de transmission des données (puisqu'il connaît les premiers travaux de Kleinrock, même si ceux-ci n'utilisent pas le terme de « packet »), il est cependant très intéressé par le projet des Anglais et rencontre Scantelbury immédiatement après son intervention. Au cours d'une très longue discussion nocturne sur tous les aspects techniques de ces nouveaux réseaux, Scantelbury persuade Roberts d'utiliser, pour ARPANET, moins de lignes mais d'augmenter la bande passante, *i.e.* le débit, en le faisant passer à 56 ou 50 kilobits au lieu des 9,6 Kbit envisagés initialement. Au cours de cette même discussion, Scantelbury parle des travaux de Paul Baran à Roberts, qui en entend parler pour la première fois.

Aussi surprenant que cela puisse paraître, l'ignorance de Roberts du projet de Paul Baran, qui aura pourtant agité pendant plusieurs années les sphères du Pentagone, de la RAND, d'AT&T, etc., est attestée par plusieurs sources et illustre, une fois de plus, les circuits compliqués des processus d'innovation, les longs détours des chaînes de traduction et des circuits de l'information scientifique. Après le congrès de Gatlingburg, Roberts lira les rapports de Paul Baran[9], sera très intéressé par les éléments techniques du réseau (et non par ses justifications militaires) et rencontrera Paul Baran au début 68.

Ainsi cette conférence de Gatlinburg joue-t-elle un rôle central dans le processus d'émergence d'ARPANET et représente une sorte de triple « traduction » dans le projet :

- une traduction technique importante, avec la proposition de Scantelbury de diminuer le nombre de lignes utilisées et d'augmenter leur débit. Après sa rencontre avec son collègue anglais, la configuration technique des lignes de communication d'ARPANET va considérablement se

---

[8] D. DAVIES, K. BARTLETT, R. SCANTELBURY, P. WILKINSON, *A Digital Communications Network for Computers Giving Rapid Response at Remote Terminals.* Exposé présenté au Symposium de l'ACM sur les « *Operating System Principles* », Gatlinburg, Tenn., octobre 1967

[9] Qui, selon Hafner et Lyon, « *prenaient la poussière depuis des mois sur les rayons de l'IPTO* ». Ce qui confirme la place très secondaire du projet de Baran, du moins au sein de l'IPTO, puisque Taylor, sans doute informé du projet, n'en avait pas parlé à son associé Roberts.

clarifier dans l'esprit de Larry Roberts, qui s'oriente résolument dans la voie de la commutation par paquets, ouverte à la fois par les chercheurs anglais et par Paul Baran.

- la seconde micro-traduction concerne précisément le pionnier américain des réseaux distribués, puisque la conférence de Gatlinburg tisse les premiers liens entre le concepteur d'ARPANET et celui du projet de réseau militaire. Sans être vraiment impliqué dans ARPANET, Paul Baran deviendra néanmoins, selon Hafner et Lyon, une sorte de conseiller scientifique officieux du groupe chargé de la conception du réseau. « Traduction humaine » donc, ou simple jonction entre deux acteurs, deux réseaux socio-techniques, deux projets jusqu'alors séparés. Mais n'oublions pas que ces deux projets sont en octobre 1967 dans des situations strictement inverses : le projet ARPANET est en plein essor et ne cesse de gagner en réalité, tandis que le projet Baran est définitivement enterré.

- enfin, on peut voir dans cette conférence le signe d'une convergence majeure entre les trois premiers courants de recherche sur la transmission par paquets. D'abord ce nouveau mode de transmission de données apparaît pour la première fois publiquement dans le champ de la recherche, à travers la communication de Scantelbury. A ce titre, la conférence de Gatlinburg constitue une étape essentielle dans la longue histoire des techniques de télécommunications. Mais Gatlinburg marque surtout la convergence de travaux, menés depuis plusieurs années de manière parallèle. Les trois « lignées » de la transmission par paquets : Davies-Scantelbury, Baran, Kleinrock-Roberts vont désormais s'imbriquer, Larry Roberts et le projet ARPANET représentant, dans cette imbrication, le point nodal.

5.2.5 Le premier axe de recherche : la construction des IMP

A la fin de l'année 1967, moins d'un an à peine après l'arrivée de Larry Roberts à l'ARPA, le projet de mise en réseau des centres de recherche informatique a dépassé le stade de la « construction hypothétique d'un monde » qui caractérise l'étape de la problématisation. Mais gardons-nous du contresens historique rétrospectif, qui peut faire oublier les conditions réelles d'émergence du projet et laisser croire qu'ARPANET est au centre des activités de l'ARPA/IPTO. Il n'en est rien et il ne faut pas perdre de vue la configuration d'ensemble, dans laquelle émerge ARPANET :

- l'IPTO n'est qu'un petit service au sein de l'ARPA ;

- au sein de l'IPTO et surtout du réseau des chercheurs en contrat, l'ARPA Network n'est qu'un projet parmi d'autres et pas le plus important. Ainsi le projet sur l' ILLIAC IV, lancé avec le soutien de Ivan Sutherland, est-il alors le plus gros projet de recherche, en termes de financement, soutenu par l'ARPA/IPTO ;
- dans tous ces projets informatiques financés par l'agence, celui du réseau est le seul qui soit lancé, conçu et dirigé par l'IPTO lui-même. Tous les autres proviennent des initiatives des chercheurs, qui s'investissent donc d'abord dans leur propre recherche.

Néanmoins l'idée d'interconnecter les centres de recherche a gagné en réalité, le projet a réussi à « enrôler » des alliés de poids (comme Engelbart, Kahn), il est désormais accepté par la majorité des PI, sa forme technique commence à se préciser (le sous-réseau des IMP, la commutation par paquets, des lignes à haut débit) et les premiers sites ont été choisis lors d'une réunion des ARPA's Contractors, sans doute au début octobre 67[10]. Enfin le projet de l'ARPA/IPTO a acquis une certaine notoriété dans le monde de la recherche informatique grâce à la conférence de Gatlinburg.

5.2.5.1 L'appel d'offres de l'ARPA : une synthèse des multiples inspirations d'ARPANET

La fin de l'année voit, entre autres, le renforcement des liens avec les premiers alliés de l'articulation socio-logique en émergence. En effet, un contrat est accordé à l'automne par l'ARPA-IPTO au SRI (*Stanford Research Institute*), pour écrire les spécifications du réseau en train d'être construit.

La tâche principale de Larry Roberts consiste alors à préparer l'appel d'offres pour la construction des IMP et le responsable scientifique de l'IPTO entend s'appuyer sur les chercheurs du SRI pour l'aider à élaborer les plans du réseau. En décembre 1967, ce contrat débouche sur la publication d'un rapport par le SRI, *« A Study of Computer Network Design Parameters »,* définissant les premiers paramètres du réseau. Ce travail est mené par un jeune chercheur, Elmer Shapiro, appelé, du fait de ce premier travail pour le projet, à jouer un rôle important par la suite.

Le rapport de Shapiro servira de base à Larry Roberts et Barry Wessler pour élaborer au cours des premiers mois de 1968 la version finale des spécifications de l'IMP. Le 3 juin 1968, Roberts

[10] La chronologie des premières réunions sur ARPANET est très difficile à établir avec précision ; d'après nos sources, il semble bien que le choix des dix-neuf sites, annoncé par Roberts à la Conférence de Gatlinburg à la fin octobre, aît été décidé au début du mois, au cours d'une réunion interne des PI de l'ARPA.

et Wessler soumettent au Directeur de l'ARPA, probablement alors Eb Rechtin, le Plan-Programme d'ARPANET : *« Resource Sharing Computers Networks »*, plan approuvé le 21 juin. Le plan de Roberts et Wessler définit les objectifs de la recherche - un réseau d'interconnexion des centres de recherche informatique permettant le partage des ressources en vue d'améliorer la productivité de la recherche informatique - ainsi que les conditions de sa réalisation. Les spécifications techniques sont précisées et regroupées dans un appel d'offres (*Request For Quotation*) visant à trouver une entreprise capable de concevoir et de réaliser le réseau de base des IMP. L'offre devra répondre à la création d'un réseau opérationnel pour quatre sites et fournir la conception d'un réseau pouvant inclure dix-neuf sites.
Les choses vont alors s'accélérer et, à la fin juillet, Larry Roberts lance l'appel d'offres en vue de la réalisation des IMP, envoyé à cent quarante entreprises susceptibles d'être intéressées.

Le premier axe technique du réseau, *i.e.* son infrastructure matérielle, connait donc une nouvelle traduction majeure. Il aura fallu presque un an et demi et de nombreuses opérations de micro-traductions, pour que l'idée des IMP, suggérée par Wes Clark en avril 1967, aboutisse à cette formalisation technique, organisationnelle et financière que représente la RFQ, lancée par l'ARPA vers les entreprises.
Le projet ARPANET va sortir du monde restreint de l'IPTO et de ses chercheurs pour toucher d'autres acteurs, d'autres « univers sociaux ».
L'appel d'offres de juillet 1968, dispositif d'intéressement tout à fait officialisé (puisque son objectif est clairement d'intéresser une entreprise à un nouveau projet), constitue ainsi une étape importante dans le processus compliqué de l'émergence d'ARPANET.

Il représente également une synthèse intéressante des diverses influences, intervenues dans la genèse du réseau. Citons une fois de plus Hafner et Lyon :

> *« Le document décrivait par le menu la structure du réseau et les fonctions des IMP. C'était un brillant morceau d'une prose à la fois technique et éclectique. Kleinrock avait influencé les premières réflexions de Roberts sur les possibilités théoriques. La conception technique avait trouvé chez Baran son fondement intellectuel, et le procédé de routage dynamique élaboré par Roberts apportait une confirmation supplémentaire au travail de celui-ci. Roberts avait emprunté à Davies le terme « paquet » et incorporé à son projet les débits de ligne plus élevés qu'il avait imaginés avec Scantelbury. Le sous-réseau de Clark était un trait de génie technique.*[11]*»*

Pour être, sinon exhaustif du moins plus complet, il faut ajouter à cet inventaire des inspirateurs « techniques » du plan d'ARPANET deux noms, qui ne sont pas mentionnés par Hafner et Lyon

[11] HAFNER, LYON, *op. cit*., p. 94-95

et qui ont joué un rôle également important dans la traduction de l'appel d'offres : Robert Kahn, dont nous avons évoqué la participation officieuse aux réflexions de l'IPTO et Shapiro, dont le mémorandum a beaucoup servi à Roberts.

ARPANET est une innovation éminemment collective, même si le rôle de certains individus apparaît déterminant.

5.2.5.2 Prévisibilité ou incertitude de l'appel d'offres ?

On connaît le devenir de cet appel d'offres : l'entreprise BBN sera choisie, ce qui, rétrospectivement, ne semble pas surprenant compte tenu des liens historiques privilégiés entre les gens de l'ARPA/IPTO et l'entreprise. Relations renforcées au cours des derniers mois par la participation de Robert Kahn et le souhait initial des responsables de l'IPTO de recruter Frank Heart.

Dès lors, une histoire d'ARPANET ne peut pas ne pas poser la question des raisons de ce choix. Cet appel d'offres n'est-il qu'un paravent juridique et administratif pour pouvoir faire appel à BBN en toute légalité ? Les « jeux sont-ils faits » aux yeux des dirigeants de l'IPTO dès le lancement de la RFQ ? Difficile, voire impossible en l'état actuel de nos recherches, de pouvoir répondre de manière tranchée à cette délicate question.

Nul doute que les relations étroites, anciennes et personnelles entre les responsables de l'IPTO, Larry Roberts au premier chef et ceux de BBN, notamment Frank Heart, n'ont pas pu ne pas intervenir dans la décision. Pour autant, rien ne laisse accréditer la thèse d'un « favoritisme » dans le choix de BBN. Car la description détaillée, par Hafner et Lyon, du processus de cet appel d'offres montre au contraire que les résultats sont loin d'être assurés pour BBN.

Pour pouvoir apporter à cette question, non point une réponse définitive impossible à fournir, du moins quelques éléments d'explication à ce choix de BBN, il faut retracer brièvement l'histoire de ce moment-clé de l'émergence d'ARPANET.

Il est intéressant de relever tout d'abord les défections les plus importantes à la proposition de l'ARPA. Dès septembre 68, les premières réactions négatives proviennent en effet de deux des plus gros constructeurs d'ordinateurs du moment : IBM et CDC (Control Data Corporation). Les deux entreprises refusent de soumissionner et déclarent qu'un réseau d'ordinateurs tel qu'il est envisagé ne sera jamais en mesure de fonctionner car, selon eux, il n'existe pas d'ordinateur assez petit pour permettre ce réseau. Le modèle d'ordinateur envisagé par IBM (un IBM 360

modèle 50) est un gros système (mainframe), beaucoup trop cher pour les coûts demandés par l'ARPA.

Au-delà des arguments économiques avancés, on peut voir derrière ce désintérêt d'IBM un nouveau signe de son hostilité, déjà ancienne comme nous l'avons vu, au modèle d'une informatique interactive et en réseau. Des premières réticences face au *time-sharing* en 1955 jusqu'au rejet de l'appel d'offres d'ARPANET en 1968, en passant par le refus de s'engager dans le *Project MAC* du MIT en 1963-64, la position de la principale firme d'ordinateurs restera constante. Durant toute la décennie 60, IBM se tient en dehors des recherches et des « acteurs-réseaux » de l'informatique interactive et communicationnelle. De la même manière que *Big Blue* ne participera pas à l'émergence de l'ordinateur personnel au cours de la décennie suivante. Les projets techniques sont toujours l'expression de projets politiques ou socio-politiques et la conception de l'informatique, de son rôle et de ses utilisations sociales, n'est visiblement pas la même chez IBM et chez les responsables de l'IPTO ou les chercheurs de BBN, imprégnés des idées de Licklider.

Mais ce ne sont pas seulement les modèles « idéologiques » sous-jacents ou les représentations de l'ordinateur qui expliquent les positions des uns et des autres face à l'appel d'offres de l'ARPA.

Car le projet de réseau proposé par Roberts est une véritable aventure technologique. Un tel réseau, sur une telle échelle, fondé sur un mode de transmission encore inexploré et jamais utilisé, apparaît en effet aux yeux de nombreuses entreprises et de chercheurs comme un pari comportant trop d'incertitudes et d'inconnues techniques. Il faut donc une attitude particulièrement audacieuse vis-à-vis de l'innovation technologique pour relever ce défi. Et de fait, sur les cent quarante entreprises sollicitées, seules une douzaine envoient une offre à Roberts et Taylor.

L'entreprise de consultants de Cambridge est l'une des premières à réagir : dès le mois d'août, Jerry Elkind qui dirige alors les deux divisions informatiques de l'entreprise,

se montre intéressé et il est convaincu, comme Wes Clark et Roberts en avril 67, que Frank Heart est l'homme de la situation. Celui-ci, déjà informé des projets de son ancien collègue du Lincoln Lab, manifeste cependant quelques réserves sur la faisabilité technique du projet mais se laisse rapidement convaincre par Elkind de l'intérêt, scientifique et économique, de répondre à l'ARPA.

Dans son interview au CBI, Frank Heart insiste notamment sur la curiosité intellectuelle, comme l'un des facteurs-clé de son engagement dans le projet :

« It was a potentially exciting new world. I don't think it was any one thing. It was just an obviously interesting area of R&D. »[12]

BBN décide donc au début d'août de s'engager dans l'aventure et la division chargée de l'ingénierie des systèmes informatiques, dirigée par Frank Heart, devient responsable du projet pour l'appel d'offres. Les délais sont très courts (à peine un mois) et la tâche est complexe. Conformément à son expérience de manager acquise au Lincoln Lab et aussi à une certaine « tradition » de la recherche informatique américaine (*cf* Licklider), Frank Heart constitue immédiatement une petite équipe de chercheurs et ingénieurs parmi les plus doués qu'il connaisse. Il mobilise d'abord ses plus proches collègues, Dave Walden, un jeune programmeur expert des systèmes en temps réel, qui l'a suivi chez BBN lorqu'il a quitté le Lincoln Lab et Severo Ornstein, que Heart a recruté quelques temps auparavant.

Ornstein, âgé de trente-huit ans, est un ingénieur confirmé, spécialiste du *hardware* et qui a déjà travaillé à la construction de l'ordinateur de Wes Clark, le *Macromodule*.

L'équipe comprend également Bernie Cosell, déjà présent dans la division informatique et spécialiste du « déboguage », ainsi que Hawley Rising, ancien camarade d'études de Frank Heart au MIT. Enfin, pour conforter Dave Walden, chargé de l'écriture du programme des IMP, un autre ingénieur est recruté, Will Crowther, avec qui Walden a déjà travaillé au Lincoln Lab.

Toute cette équipe va travailler en un temps record à l'élaboration de l'offre pour la construction des IMP.

Par ailleurs, Robert Kahn, qui travaille alors dans la division Recherche du secteur informatique sous la direction générale de Jerry Elkind, est sollicité, à la demande de celui-ci, pour prendre en charge la partie concernant la conception technique du projet de réseau. C'est à cette occasion que Heart et Kahn vont se rencontrer, Robert Kahn devenant le « théoricien » de l'équipe constituée par Frank Heart[13]

Une observation saute aux yeux devant la composition de cette équipe : tous ces ingénieurs d'élite proviennent (sauf peut-être Bernie Cosell) du même moule, le Lincoln Laboratory et le MIT, dont on retrouve une fois de plus le rôle majeur de matrice de la recherche informatique. Sans aucun doute, c'est la qualité de leur formation et la richesse de leur expérience qui expliquent cette sorte « d'exploit technique » réalisé par l'équipe de Frank Heart : le 6 septembre, un mois après s'être engagée, l'équipe de BBN remet à l'ARPA une offre de 200

---

[12] F. HEART, *Interview by Judy E. O'Neill. 13 March 1990. Cambridge, MA,* Minneapolis (Minnesota), Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990, p. 4

[13]Mais jusqu'à la fin de l'année 68, Robert Kahn reste dans l'autre division informatique de BBN et se situe donc à l'extérieur de l'équipe de Frank Heart.

pages, contenant une description très détaillée du futur réseau des IMP. En fait, l'équipe de Heart est allée au-delà de la rédaction d'une offre et a réalisé un véritable plan pour la construction, la mise en place et le fonctionnement des ordinateurs spécialisés de ce réseau totalement nouveau.

A l'automne, les réponses à l'appel d'offres arrivent à l'IPTO et sont examinées par Roberts, qui s'entoure d'un groupe de chercheurs en contrat avec l'ARPA[14]. En décembre, plus d'une douzaine de propositions ont été soumises à l'ARPA, qui semble hésiter désormais entre quatre d'entre elles :

- l'offre proposée conjointement par la **CCA** *(Computer Corporation of America)***,** la petite société de Tom Marill et **DEC** (*Digital Equipment Corporation*), deux acteurs pionniers des réseaux que l'on retrouve ici sans surprise ;
- celle de **Bunker-Ramo (**sur laquelle nous n'avons aucune information) ;
- l'offre de **Raytheon**, principal fournisseur de l'armée dans la région de Boston, spécialisé dans les composants de systèmes, et qui semble favorie car elle propose un réseau informatique ultra-rapide sur de petites distances. Roberts commence même des tractations avec les gens de Raytheon, pour la signature du contrat ;
- et celle de **BBN** : à la surprise générale et alors que Raytheon semble devoir l'emporter, c'est l'offre de Bolt Beranek and Newman qui est finalement choisie par Larry Roberts à la veille de Noël.

Par-delà les facteurs personnels et organisationnels liés à la longue complicité entre l'IPTO et BBN, c'est bien la qualité du travail fourni par BBN, première entreprise à avoir fourni aussi vite une offre aussi élaborée, qui peut expliquer la décision finale de Roberts.

Dans une perspective historique de plus longue durée, le choix de BBN pour construire le réseau de l'ARPA est en totale continuité avec la politique d'innovation audacieuse menée par la firme de Cambridge et par son engagement précoce dans l'informatique interactive[15].

Et l'on pourrait presque inverser les termes de la question du choix de BBN : compte-tenu de tous ces facteurs « historiques », de la solidité des liens reliant BBN et l'ARPA et compte-tenu

---

[14] Roberts, s'attendant à voir choisir l'ordinateur PDP-8 construit par DEC en 1965, est surpris de voir la plupart des soumissions choisir l'ordinateur d'Honeywell, le DDP-516 réputé pour sa robustesse (selon Honeywell, il peut tourner sur un champ de bataille).

[15] Rappelons que BBN a été la première entreprise à construire un système de *time-sharing*. Voir la section 3.3.4.2 : « L'entreprise BBN et Licklider... »

surtout de la qualité de l'offre faite en septembre 68, un autre choix était-il possible pour les dirigeants de l'ARPA/IPTO ?

5.2.6 Deuxième axe de recherche : les protocoles

La construction d'un réseau d'ordinateurs hétérogènes ne se limite pas aux aspects matériels, représentés ici par l'appel d'offres concernant les IMP. Le deuxième axe majeur des recherches nécessitées par la mise en place d'ARPANET concerne la partie logicielle, *i.e.* les protocoles de communication.

Comment faire communiquer des ordinateurs hétérogènes et, notamment, comment faire communiquer ces IMP avec les serveurs de chaque université ? La question a déjà été soulevée dès la réunion d'avril 1967 et a conduit à la création d'un premier groupe de travail, animé par Frank Westervelt. Mais nous n'avons malheureusement aucune donnée sur le devenir de ce premier groupe de recherche.

Ce qui en revanche est attesté, c'est la demande faite par Larry Roberts, en juin ou juillet 1968, à Elmer Shapiro, informaticien du SRI en contrat avec l'ARPA, de « *faire surgir quelque chose dans le domaine des connexions de serveur à serveur* », *i.e.* dans les travaux sur les protocoles de communication. Nous retrouvons donc ce chercheur du SRI, dont le rapport sur les spécifications des IMP a servi de base à l'appel d'offres.

Consigne vague, objectif très large mais clair (développer des protocoles de communication), liberté totale de manoeuvre, moyens importants accordés : les débuts de la recherche sur les protocoles illustrent bien le type de rapports entre l'IPTO et ses contractants. Que va faire l'informaticien du SRI, jeune étudiant fraîchement diplômé ? Réunir d'autres jeunes informaticiens.

Vers la fin de l'été, alors que l'appel d'offres vient d'être lancé, Shapiro organise ainsi une première réunion de programmeurs des quatre sites retenus par l'ARPA. Réunis à l'Université de Santa Barbara, quelques jeunes étudiants de second cycle, inconnus dans le monde de la recherche informatique, vont s'engager dans un domaine encore totalement inexploré : celui des communications de serveur à serveur. Cette réunion inaugurale est présidée par Elmer Shapiro et regroupe Steve Carr de l'Université de l'Utah, Stephen Crocker et Vinton Cerf de UCLA, Jeff Rulifson qui fait partie de l'équipe d'Engelbart au SRI et Ron Stoughton de l'UCSB (Santa Barbara). Ces jeunes étudiants, qui ont presque tous autour de vingt-cinq ans, sont des

programmeurs de talent, déjà en contrat avec l'ARPA. Ils font partie du « second réseau » des doctorants de l'ARPA, animé par Barry Wessler[16].

Selon les participants à cette réunion « séminale » (selon le mot de Crocker), personne n'a alors de notion claire de ce que peuvent être les résultats des connexions de serveur à serveur. D'après les témoignages des acteurs, la réunion est d'un très haut niveau de réflexion et de recherche et se caractérise par un enthousiasme créatif et collectif. Les doctorants ignorent alors les détails du projet de réseau et envisagent toutes les solutions possibles pour résoudre les problème de connexion des serveurs aux IMP et des serveurs entre eux. Au cours de cette première réunion assez informelle, ils décident d'organiser des réunions de travail régulières, se tenant à tour de rôle sur chacun des quatre sites. Plusieurs réunions vont ainsi avoir lieu à l'automne 1968 au SRI, à Utah et UCLA. Très vite, au cours de ces rencontres, ils décident de se constituer en groupe et se baptisent le *Network Working Group* (« groupe de travail du réseau »). Steve Crocker, dès les premières réunions, prend la direction de ce NWG, première émanation spontanée du réseau technique ARPANET et de l'acteur-réseau qu'il est en train de devenir.
Nous reviendrons sur le NWG, qui va jouer un rôle central dans la naissance d'ARPANET.

5.2.7 Bilan de l'année 67 : schéma sur « l'intéressement » des ARPA's Contractors

Le schéma suivant récapitule les principales opérations de traduction de l'année 1967 (réunions, projets, contacts) et les acteurs/actants concernés par ces débuts de l'émergence d'ARPANET.

[16] Voir la section 4.3.3.3 : « Renforcement du réseau des ARPA's Contractors »

Schéma 5.1 : Emergence d'ARPANET. 1967 : l'intéressement des *ARPA's Contractors*

5.2.8 Les prémonitions de Licklider et Taylor ou « l' imaginaire technique » d'ARPANET

Dans les multiples dispositifs d'intéressement qui sont mis en place par les acteurs du projet de réseau, au cours de ces années incertaines de l'émergence, il faut enfin s'arrêter sur un texte essentiel, qui va fournir l'armature conceptuelle et « idéologique » accompagnant la mise en réseau.

A l'aube du projet *d'ARPA Network*, en avril 1968, est publié un article annonçant l'avènement d'un monde de la communication indirecte par la médiation de la machine :

> *« Dans quelques années, les hommes pourront communiquer plus efficacement à travers une machine qu'en face à face ».*

Les auteurs de cette phrase prémonitoire sont l'ancien et l'actuel responsable de l'IPTO, Licklider et Taylor. Les deux hommes signent en effet un texte commun d'une quarantaine de pages, « *The Computer as a Communication Device* »[17]. Nous avions déjà évoqué cet important article dans notre présentation du « Rôle stratégique de Licklider », en indiquant qu'il représente un saut conceptuel majeur dans la pensée de celui-ci.

Licklider et Taylor, se fondant sur l'expérience acquise dans les communautés de *time-sharing* et sur les travaux menés dans les interfaces (notamment ceux d'Engelbart), développent une nouvelle vision globale de l'ordinateur, conçu comme « dispositif de communication » (*communication device*). Le saut conceptuel, que nous pensons pouvoir relever dans ce texte, désigne l'élargissement de la problématique de Licklider à la société. Le visionnaire de la « symbiose homme-machine » va sortir du cadre restreint de la recherche scientifique informatique, qui était son principal horizon, pour poser les fondements d'un discours à portée générale, dans lequel l'ordinateur et la communication sont les deux notions-clé. Toutes proportions gardées, cette évolution dans la trajectoire intellectuelle de Licklider n'est pas sans évoquer celle de Wiener, lorsque la cybernétique deviendra, avec le texte *Cybernetics* publié en 1948, une vision globale et un modèle de société.

Quelles sont les idées et les thèmes développés par les deux théoriciens des réseaux ?

On peut dégager schématiquement quatre points essentiels, autour desquels s'articule la pensée de Licklider et Taylor :

---

[17] J. LICKLIDER, R. TAYLOR, The Computer as a Communication Device, In *Science and Technology : For the Technical Men in Management*, n° 76, April 1968, p. 21-31.

- le postulat d'un modèle communicationnel interactif, fortement marqué par la cybernétique ;
- une conception de la communication comme « comparaison de modèles mentaux » et comme processus interactif ;
- le rôle-clé de l'ordinateur comme support de ce modèle communicationnel, entremêlant la transmission et le traitement de l'information, ce qui implique une nette démarcation des modèles alors dominants de l'ordinateur ;
- une référence appuyée aux réseaux d'ordinateurs et aux communautés de *time-sharing*, à l'avant-garde de ce nouveau paradigme de la communication à distance.

Reprenons rapidement chacun de ces points, qui n'épuisent pas, loin s'en faut, ce texte dense et d'une grande richesse. Ils traduisent différentes étapes d'une argumentation cohérente, que l'on peut appréhender comme un dispositif d'intéressement destiné, semble-t-il en priorité, aux chercheurs de l'ARPA pour consolider le réseau d'acteurs autour du projet naissant d'ARPA Network.

5.2.8.1 Un modèle communicationnel interactif

Licklider et Taylor placent implicitement leur réflexion sous les auspices des problématiques communicationnelles issues de l'informatique interactive et de la cybernétique.
Pour eux, la communication ne saurait être réduite à un simple transfert de l'information (*« communiquer signifie plus qu'émettre et recevoir »)* et la critique du modèle shannonien, alors dominant, sert de postulat de base. Sans se poser comme théoriciens de la communication, les deux chercheurs se démarquent en effet nettement des modèles linéaires de la communication.
L'intuition fondamentale qui les guide est la prémonition de modes de communication et d'information à distance fondés sur l'interactivité, tels qu'ils existent aujourd'hui sur Internet. La notion de processus interactif de communication et d'information est au coeur de leur démarche :

> *« Nous croyons que nous entrons dans un âge technologique dans lequel nous serons capables d'interagir avec la richesse d'une information vivante - pas seulement de la manière passive à laquelle nous nous sommes habitués en utilisant les livres et les bibliothèques, mais comme des participants actifs à un processus continu, en y apportant quelque chose par notre interaction, et pas simplement en recevant quelque chose de lui par notre connexion. »*[18]

---

[18] J. LICKLIDER, R. TAYLOR, The Computer as a Communication Device, In Digital Systems Research Center. *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990*, [En ligne], Digital Equipment Corporation, 1990, p. 20.
Disponible sur WWW: <http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/research-reports/abstracts/src-rr-061.html>

La communication à distance qu'ils entendent promouvoir n'a rien à voir avec la téléconsultation, l'interrogation à distance de banques de données, etc.[19] Il s'agit, avant tout, d'insister sur « *l'aspect créatif de la communication* ».

« *Quand les esprits interagissent, de nouvelles idées émergent* » : cette phrase-slogan pourrait résumer toute la problématique de Licklider et Taylor, annonciateurs des thèmes de « l'intelligence collective », de la dimension créative du partage des informations, des collecticiels, etc.

Bien que le terme ne soit pas cité, on retrouve dans la tonalité et la thématique de ce texte la prégnance d'une conception de la société inspirée par la cybernétique ; le primat de la communication, qui doit être sans entraves, rapide et interactive, est nettement posé, quoique de manière non explicite. Inutile de dire que la communication interactive, dont il est question, repose sur l'ordinateur, dont nous examinons plus loin le rôle que veut lui faire jouer Licklider.

5.2.8.2 La communication : une comparaison de modèles mentaux

Afin de mieux comprendre la place et l'effet de l'ordinateur dans la communication interactive, les auteurs développent en quelques pages une explicitation préalable des principes de leur conception de la communication.

Loin d'être un simple transfert d'information, la communication se fonde sur la comparaison et l'échange de « modèles mentaux ». La modélisation est placée au centre de tout processus de communication :

> « *toute communication entre personnes sur un même objet est une expérience commune révélatrice des modèles informationnels de cet objet* [20]».

Un modèle mental peut être considéré comme une « *structure conceptuelle d'abstractions élaborée initialement dans l'esprit de l'une des personnes qui communiquent* » : si les concepts sont très différents dans l'esprit de l'autre, « *il n'y a pas de modèle commun et pas de communication* ».

On peut voir là une certaine proximité avec quelques notions canoniques de la communication, celles de répertoire culturel commun ou de code commun comme condition préalable de la

---

[19] Ils citent comme exemple inverse de communication non interactive la communication à distance avec un service de réservation aérienne, où la bande enregistrée est considérée comme une « *synthèse d'information collectée, analysée, évaluée et assemblée pour représenter une situation ou un processus de manière organisée* ».

[20] *Ibid.*, p. 21

communication. Mais ici, l'accent est mis sur la nature formelle, conceptuelle, des modèles abstraits utilisés par les locuteurs. Et l'objectif des auteurs est de développer une *« modélisation coopérative », i.e. « une coopération dans la construction, la maintenance et l'utilisation d'un modèle* ». Notons au passage la conception « objectiviste » sous-jacente de la communication et de l'information qui affleure ici, la communication se laissant modélisée, formalisée. Toute la dimension inconsciente, subjective, de la communication semble écartée d'une telle vision cybernétique.

A l'appui de leur conception de la « modélisation coopérative », Licklider et Taylor prennent l'exemple d'un type particulier de réunion : la réunion de projet technique, où le « *processus de modélisation est clairement visible* ». Dans une communication entre deux personnes au sujet d'un projet technique, les auteurs font d'abord la distinction entre les modèles mentaux et les données, les valeurs, etc. La ressemblance des modèles mentaux (dans leur structure) y est décrite comme la condition première du succès de la communication. Même si les interlocuteurs ne partagent pas les mêmes données, les mêmes valeurs ou les mêmes paramètres sur le projet technique en discussion, ils pourront s'entendre sur l'élaboration d'un modèle commun si leurs propres modèles ont des structures similaires.

Les processus sont encore plus compliqués dans la réunion de « *plusieurs esprits en interaction* » :

> *« l'interaction doit produire, non seulement une solution à un problème, mais un nouveau jeu de règles pour la résolution de problèmes : c'est l'essence de l'interaction créative »*[21].

Dès lors, le problème de l'amélioration de l'efficacité des réunions et de la communication technique passe par la modélisation possible, la visualisation des étapes et des processus d'un projet.

Pour illustrer les potentialités de l'ordinateur dans la communication interactive, Licklider et Taylor citent l'expérience historique, séminale, de la première réunion dans laquelle l'interaction entre les participants s'est faite par ordinateur, réunion organisée par Douglas Engelbart au SRI. Il s'agit là, non seulement de l'une des toutes premières démonstrations privées de la souris d'Engelbart (avant la célèbre Conférence de la *Fall Joint Computer* de l'automne 1968), mais peut-être aussi de l'une des premières réunions utilisant à la fois la PréAO (Présentation Assistée

[21] *Ibid.*, p. 24

par Ordinateur) - aujourd'hui banalisée avec des logiciels comme *Power Point* - , la visio-conférence et la messagerie collective[22].

Lors de cette description, ils pointent également un problème devenu central aujourd'hui : lors de ce type d'expérience, les ensembles de données primaires deviennent trop importantes pour être digérées : « *il vient un moment où la complexité du processus de communication excède les ressources disponibles et la capacité d'y faire face* ». La notion de « surcharge informationnelle » est déjà présente dans les préoccupations des théoriciens de l'informatique interactive, qui soulèvent le problème, aujourd'hui crucial, de la capacité limitée du traitement humain des informations.

A partir de ces exemples locaux d'utilisation de l'ordinateur comme moyen de communication interactive, les auteurs élargissent leur propos, en soulignant l'importance des enjeux de ce type de communication pour la société, les affaires, etc. Il s'agit bien en définitive d'améliorer les processus de décision par la modélisation de toutes les options possibles dans une situation donnée.

5.2.8.3 L'ordinateur, support de la communication interactive

Quel est le support technique permettant ce type de communication créative et interactive que les deux chercheurs appellent de leurs voeux ?

> *« Un médium plastique et malléable, pouvant être modelé, un médium dynamique (..), et surtout un médium commun pouvant être utilisé et expérimenté par tous ».*

Et les auteurs ajoutent : *« un tel médium est à portée de la main : l'ordinateur digital programmé* ».

Licklider et Taylor font preuve ici d'une étonnante prescience, en mettant l'accent sur quelques unes des principales caractéristiques d'Internet et du numérique : l'accessibilité, la plasticité, la souplesse, l'universalité. Les deux chercheurs développent une véritable intuition médiologique sur la logique d'outil de l'ordinateur et sur son caractère révolutionnaire :

> *« Sa présence peut changer la nature et la valeur de la communication bien plus profondément que ne le fit la presse imprimée ou le tube à images, car un ordinateur bien programmé peut fournir l'accès direct à la fois aux ressources informationnelles et aux processus pour l'utilisation de ces ressources »*[23].

---

[22] La réunion organisée par Engelbart (sur laquelle les auteurs ne donnent aucune indication de date) est décrite ainsi : dans une salle, sont disposées des tables arrangées en carré, avec au centre six écrans de TV, affichant l'écran d'un ordinateur situé quelque part dans le bâtiment, mais contrôlé à distance à partir d'un clavier et d'un jeu de pointeurs électroniques appelés « mice » (souris). Chaque participant peut bouger une souris toute proche et contrôler les mouvements sur l'écran de TV, visible par tous. Chaque personne doit présenter une communication, apparaissant sur l'écran lors des interventions : « *une information plus détaillée pouvait être affichée lorsque des faits devaient être définis, une information plus globale pouvait être affichée pour répondre à des questions de pertinence et d'interrelation* ». Et chacun peut feuilleter les données de base de l'intervenant sans interrompre les explications.

[23] *Ibid*., p. 22

A l'époque où règne l'informatique de calcul, Licklider et Taylor pointent ce qui deviendra, trente ans plus tard, une évidence de mieux en mieux acceptée : l'ordinateur est un outil permettant non seulement de calculer, de traiter et de transmettre de l'information mais aussi de modéliser cette information, un outil d'aide au travail cognitif, *i.e.* une « technologie de l'intelligence ».

S'ils mettent en garde contre les visions technicistes de la communication en précisant : « *Nous ne disons pas : « Achetez un ordinateur et vos problèmes de communication seront résolus* », Licklider et Taylor posent en fait la question du modèle de l'ordinateur ou des fonctions assignées à ce nouveau médium. L'ordinateur doit-il être un commutateur (*computer-switch*) ou un « inter-acteur » (*interactor*) ? Ils se démarquent nettement des visions de l'informatique dominantes chez les ingénieurs. Si la plupart des ingénieurs de la communication sont alors *« très intéressés par les applications des ordinateurs à la communication* », la fonction première reste néanmoins une fonction de commutation (« *switching function* ») : commutation de lignes ou de messages, connexion de personnes, etc. Cette fonction de commutation, particulièrement visible dans les premiers projets de réseaux d'ordinateurs, comme le projet SAGE ou le système de réservation aérienne à distance SABRE, s'ajoute à la fonction historique de calcul, assignée à l'origine aux premiers ordinateurs.
Mais si la fonction de commutation est essentielle, elle n'est pas la seule : pour les deux chercheurs, la fonction de modélisation (« *modeling function* ») est plus importante. Et relevant la coupure historique - et de longue date - entre les deux domaines de la transmission et du traitement de l'information, deux domaines toujours pensés et institutionnalisés séparément, Licklider et Taylor suggèrent qu' « *il y aurait des bénéfices intellectuels et sociaux très forts en réalisant le mélange de ces deux technologies. »*.

On notera que les idées de Licklider et Taylor rejoignent ici celles d'Engelbart sur le rôle des outils et des technologies intellectuelles, évoquées plus haut. « *The Computer as a Communication Device* » constitue, à cet égard, un nouvel aspect de cette problématique forte, observable chez plusieurs acteurs de l'émergence d'Arpanet : celle de la prise en compte simultanée de la transmission et du traitement de l'information sur les réseaux. Deux dimensions aujourd'hui totalement imbriqués dans l'explosion des flux, l'accroissement des débits et le perfectionnement des outils de recherche et de traitement de l'information.

Se fondant sur l'observation des débuts de la communication par ordinateur entre personnes, sur des terminaux situés dans la même pièce, sur le même campus ou dans des laboratoires distants de la même organisation, les deux théoriciens des réseaux font le constat suivant :

> *« Ce type de communication (...) commence à encourager une coopération et à promouvoir une cohérence plus efficace que ne le font les aménagements pour des programmes d'ordinateur partagés par l'échange de bandes magnétiques ou l'envoi de courrier »*[24].

Le modèle de communication proposé doit ainsi comprendre des possibilités de traitement de l'information et pas uniquement de transfert :

> *« Les programmes informatiques sont trés importants parce qu'ils transcendent les simples « données » - ils incluent les procédures et les processus pour la structuration et la manipulation des données ».*

Mais au moment où sont publiées ces lignes, les potentialités offertes par les ordinateurs pour la communication interactive et la modélisation des processus de décision sont encore loin d'avoir atteint la « masse critique », qui autoriserait le véritable déploiement de ces possibilités. Faisant part de leurs considérations sur l'état de la technique, les auteurs relèvent ainsi qu'une « *partie des difficultés économiques réside dans le système actuel de communications* ». En 1968, les systèmes de télécommunications sont toujours fondés sur la commutation par circuits et organisés pour la transmission vocale et non la communication entre ordinateurs.

Sur ce point précis, Licklider et Taylor contribuent à la remise en cause de ce modèle de communication, engagée par Paul Baran, Leonard Kleinrock et les Anglais Davies et Scantelbury, tous ceux qui ont pointé les insuffisances de la commutation par circuits :

> *« lorsqu'un ordinateur est utilisé interactivement à partir d'une console de télétype, les signaux transmis entre la console et l'ordinateur sont intermittents et pas très fréquents. Ils ne nécessitent pas un accès continu au canal téléphonique. »*

Le problème vient donc de l'inadaptation des services communs de télécommunications, qui ne peuvent pas fournir ce type de service, « *un service qui laisserait à chacun le libre accès au canal pour de courts intervalles et qui ne serait pas occupé lorsque le canal n'est pas utilisé.* ». Sans citer le nom, Licklider et Taylor prennent ainsi ouvertement la défense de la commutation par paquets, ce qui ne saurait surprendre.

Le dernier point, que nous avons relevé dans la première partie de ce texte fondateur, conclue, en toute logique, la démonstration. Une fois dressé le constat de l'inadéquation entre les services fournis par les moyens de transport courants et les nouveaux besoins des systèmes informatiques, Licklider et Taylor en arrivent à la nécessité de lancer « *un réseau expérimental d'ordinateurs à*

---

[24] *Ibid.*, p. 28

accès multiples ». Nous en arrivons ainsi à ARPANET et, peut-être, au principal objectif implicite de ce texte, si nous le considérons comme un « dispositif d'intéressement ». Qui sont ceux que Licklider et Taylor entendent « intéresser » par leurs réflexions générales sur les nouvelles fonctions possibles de l'ordinateur ? Autrement dit, à qui s'adressent, implicitement, les deux défenseurs de ce nouveau paradigme informatique ?

Selon nous, ce sont prioritairement les ARPA's Contractors que visent les deux responsables de l'IPTO. Car le passage qui suit est à la fois un éloge des « communautés en ligne », constituées depuis le début de la décennie autour du time-sharing, et une incitation forte à poursuivre l'action. Suivons leur argumentation, développée en trois mouvements.

Premier point : le modèle de réseau proposé par les auteurs n'existe pas encore. Si le concept d'ordinateurs connectés n'est pas nouveau et s'il existe des réseaux informatiques chez plusieurs constructeurs, les ordinateurs sont tous compatibles entre eux et ces réseaux ne sont pas *« interactifs, à but général et sur des machines à accès multiple* », contrairement à ceux décrits par Licklider et Taylor.

Par ailleurs, les ordinateurs « interactifs à accès multiples » (*interactive multiaccess computer*) existent bien et ont permis l'émergence de « communautés en ligne » depuis quelques années déjà, encore très peu nombreuses (à peine une demi-douzaine en 1968). Il s'agit donc d'une toute petite élite, d'une avant-garde éclairée, à laquelle Licklider et Taylor rendent un hommage appuyé : ces communautés sont des *« pionniers socio-techniques, loin devant le reste du monde de l'informatique* » pour plusieurs raisons. Composées, d'une part de scientifiques et d'ingénieurs de l'informatique ayant compris le concept de l'interaction homme/machine et la technologie des systèmes interactifs et à accès multiples, d'autre part « *de gens créatifs dans différents champs et différentes disciplines, reconnaissant la valeur potentielle de ces communautés pour leur travail* », ces communautés en ligne disposent de puissants ordinateurs « à accès multiples » et elles ont appris à les utiliser. Mais surtout, les efforts de ces communautés ont des « *effets régénératifs* ». Qu'entendent par là Licklider et Taylor ? Insistant sur les pratiques de soutien mutuel chez ceux qui font de la recherche et du développement sur les systèmes et applications informatiques, ils relèvent les effets très productifs de ce partage des ressources, aboutissant à un accroissement des ressources comprenant programmes, données et savoir-faire techniques.

Après ce vibrant éloge aux travaux engagés par les communautés de time-sharing (qui ne peut qu'aller droit au coeur des chercheurs concernés et les conforter dans leur démarche), les deux responsables de l'IPTO en arrivent au point crucial de leur argumentation : il faut continuer. Selon leur intuition, le mouvement de partage et de mutualisation des ressources, né dans les communautés de time-sharing, n'en est qu'à ses débuts. Il reste encore beaucoup de progrès à faire dans la programmation et la collecte des données, avant de voir la pleine réalisation du « potentiel du concept ». Et ils énoncent, non point un programme de travail, mais un cadre de développement, qui va devenir *de facto* celui d'ARPANET et plus tard, d'Internet :

> *« Evidemment, les systèmes à accès multiples doivent être développés de manière interactive. Les systèmes en cours d'élaboration doivent rester* ***flexibles et ouverts,*** *tout au long du processus de développement, qui sera* ***évolutif*** *»* [25] (c'est nous qui soulignons).

Ajoutant que « *de tels systèmes nécessitent de grands ordinateurs à accès multiple, nécessairement complexes* », Licklider et Taylor font preuve, une fois de plus, d'une grande acuité d'analyse, énonçant clairement ce qui sera la caractéristique principale de la réalisation et du développement d'ARPANET : le caractère flexible, processuel et ouvert du réseau[26].

En conclusion de leur plaidoyer pour les nouveaux réseaux, Licklider et Taylor évoquent directement le projet de l'ARPA Network, mais sans jamais en citer le nom. Après avoir évalué à un millier de personnes le nombre de gens utilisant ces grands ordinateurs à accès multiples depuis plusieurs années, ils annoncent en effet :

> *« Ce millier de personnes comprend la plupart des leaders de la révolution en cours dans le monde informatique. Depuis plus d'un an, ils préparent la transition vers une organisation radicalement nouvelle du matériel et du logiciel »*[27]

Si en avril 1968, les communautés en ligne sont séparées les unes des autres, fonctionnellement comme géographiquement, la prochaine étape entrevue par Licklider sera celle de l'interconnexion de ces communautés, transformées alors en une « supercommunauté », qui réalisera le projet, énoncé quelques années plus tôt, du « réseau intergalactique ».

---

[25] *Ibid*., p. 31

[26] Pour bien montrer la spécificité du projet de l'ARPA, les deux responsables insistent enfin sur la distinction nécessaire qu'il convient d'opérer entre les systèmes commerciaux, qui s'intitulent eux-mêmes « *interactifs, en temps partagé et à accès multiples* », et les « vrais » systèmes de time-sharing de la recherche et de l'université.
Les systèmes commerciaux (qui ne sont pas nommés) n'offrent pas, selon eux, le même « pouvoir » ou la même « flexibilité » des ressources logicielles (liée à ce qu'ils appellent l'universalité ou « *the general purposeness* ») que les systèmes académiques et de recherche (du MIT, de l'UCB, Stanford et SDC). Les systèmes académiques de *time-sharing* disposent eux d'un « degré plus élevé d'ouverture » que leurs équivalents commerciaux, centrés sur des applications particulières et limitées.

[27] *Ibid*., p. 31

Après l'analyse des principaux éléments du contenu de cet article[28], nous concluerons sur l'importance de ce texte, qui peut se décliner selon nous sous trois angles :

- importance conjoncturelle et immédiate, car « *The Computer as a Communication Device* » est publié à un moment délicat du processus d'émergence d'ARPANET, accompagnant les efforts déployés par les responsables de l'IPTO pour convaincre, intéresser et recruter les alliés nécessaires à la mise en oeuvre du projet. A ce titre, cet article peut être perçu comme une pièce maîtresse de l'ensemble du « dispositif d'intéressement » élaboré autour de l'ARPA Network. S'il nous est impossible d'en mesurer l'impact au moment de sa publication, nous pouvons supposer qu'il fut assez fort, compte-tenu à la fois de la personnalité et de la notoriété des auteurs et du moment de sa diffusion.
- importance « idéologique » ou thématique, car nous avons vu que Licklider et Taylor déploient dans cet article tous les fondements de l'argumentaire et des valeurs liés au développement des réseaux. Au-delà du plaidoyer pour les réseaux de l'informatique interactive transparaît une conception de la recherche, de la communication et de la société, qui ne cessera de se développer jusqu'à nos jours.
- importance technique et scientifique enfin, car le texte de Licklider et Taylor (notamment dans la partie que nous n'avons pas présentée) représente une contribution majeure à la théorie des réseaux informatiques, en examinant avec rigueur tous les problèmes posés par cette innovation majeure.

Encore insuffisamment connu, « *The Computer as a Communication Device* » doit prendre toute sa place dans l'anthologie des grands textes « fondateurs » de l'informatique, de la mise en réseaux généralisée et, au-delà, de l'histoire des technologies de l'intelligence.

[28] Le reste de l'article est consacré à la description précise des modalités de cette interconnexion, notamment à ses aspects techniques et économiques.

5.3 La phase de mobilisation : l'année 1969

Dans l'histoire compliquée d'ARPANET, la phase de mobilisation des alliés est particulièrement visible lors de l'année 1969, qui voit la première connexion d'ARPANET et que l'on peut considérer comme une première « ponctualisation » du réseau socio-technique émergent. A partir de l'automne 69, le réseau d'ordinateurs a considérablement gagné en réalité, puisqu'il commence à fonctionner tant bien que mal. La boîte noire d'ARPANET est cependant loin d'être refermée, comme nous le verrons dans le chapitre suivant sur l'irréversibilisation.

Lorsque l'on suit le processus d'émergence « au fil des traductions » et des interactions, au plus près des acteurs et des entités qui le constituent, l'on est frappé par l'accélération du processus à partir de l'hiver 68-69. La chronologie des événements, des réunions, des traductions de toutes sortes se précipite, les acteurs concernés sont de plus en plus nombreux, les liens entre les différentes composantes du réseau se complexifient, les artefacts et les intermédiaires de toutes sortes (objets techniques, rapports, crédits, contrats...) se multiplient et circulent intensément : en bref, le réseau ARPANET prend corps.

Renonçant à décrire minutieusement cette dernière étape, que Hafner et Lyon ont brillamment retracée, nous opterons ici pour une vision « en coupe » du processus, en essayant d'en identifier les grandes tendances, les principaux acteurs et de reconstituer, autant que faire se peut, les traductions majeures.

Selon nous, quatre traits caractérisent cette période cruciale qui débouchera sur la naissance d'ARPANET :

- la stabilisation des acteurs : par le renforcement des acteurs existants et le recrutement de nouveaux « alliés ». A partir de 1969, tous les fondateurs et les acteurs d'ARPANET sont distribués dans des rôles désormais bien établis. Nous les décrirons en les resituant dans leur pôle de référence : le pôle de l'Armée, le pôle Scientifique et celui des Entreprises ;

- l'apparition d'instances et d'organisations de régulation du réseau : plusieurs comités techniques sont créés, que l'on peut assimiler à des « porte-parole » du réseau, chargés par l'ensemble des acteurs d'une tâche particulière. Dès 1969, ARPANET génère ses propres dispositifs d'auto-régulation, dont le rôle ne cessera de croître au fur et à mesure de son développement ;

- l'intense travail collectif de définition des diverses entités du réseau : la dernière phase du processus voit s'accélérer et s'approfondir les négociations des acteurs pour s'accorder sur les caractéristiques de ce nouvel objet en émergence. Discussions sur les protocoles de transmission,

sur les spécifications techniques du matériel (les IMP), mais aussi définition collective des règles de communication entre acteurs, des pratiques d'échange d'information, des supports et des systèmes d'information à construire (les RFC), du choix des représentants dans les comités techniques, etc. : dans ce processus d'auto-développement, tout reste ouvert et à créer, toutes les normes sont à construire ;

- enfin, dernier trait marquant de la période : **la convergence des « réseaux socio-techniques »,** *i.e.* l'interconnexion progressive et solide des équipes de recherche, des matériels, des organismes, des problématisations diverses, etc. De la Conférence des chercheurs de l'ARPA d'avril 1967 à la première connexion matérielle entre UCLA et le SRI en novembre 1969, nous assistons à un mouvement de convergence de plus en plus rapide, à la fois technique, sociale, organisationnelle, informationnelle des multiples entités (acteurs, intermédiaires, réseaux), jusqu'alors plus ou moins séparées. ARPANET n'est pas seulement un réseau d'ordinateurs, mais bel et bien un « réseau de réseaux » socio-techniques.

Nous commencerons donc cette évocation de la dernière phase du processus d'émergence d'ARPANET par l'identification et la description, aussi fidèles que possible mais non exhaustives, des différents acteurs humains et organisationnels qui vont être « mobilisés » par cette innovation.

5.3.1 La stabilisation des trois groupes d'acteurs et la mobilisation des diverses équipes d'ARPANET

Selon nous, la stabilisation des acteurs concerne l'émergence de ce qu'on appelle la « *communauté virtuelle de Netville* »[1]pour désigner l'ensemble des pionniers d'ARPANET, répartis en trois groupes aux rôles bien définis :

- les **dirigeants de l'ARPA/IPTO** (Roberts et Wessler notamment), véritables maîtres d'oeuvre du projet ;
- la **quinzaine d'universités en contrat avec l'ARPA** et au premier chef **les quatre premiers sites** choisis pour ARPANET (UCLA, le SRI, l'UCSB et l'Université d'Utah), qui joueront un rôle décisif dans la définition des protocoles, des outils et des organisations du réseau naissant ;
- les **entreprises** liées au monde de la recherche, en fait essentiellement l'entreprise de consultants **BBN.** Cette année 69 est d'ailleurs dominée par BBN, à qui revient la tâche cruciale de construire l'infrastructure matérielle du réseau (les IMP), clé du lancement d'ARPANET.

Ces trois groupes d'acteurs, aux rôles, aux intérêts, aux objectifs, à la culture et aux valeurs distincts, voire spécifiques, ne correspondent pas exactement aux trois « pôles » définis par Callon pour désigner les RTE (Réseaux Technico-Economiques), comme nous l'avons déjà souligné. Nous reprendrons cependant cette typologie fort utile, en l'adaptant à notre sujet.

5.3.1.1 Le pôle « Armée » : financement et management

Au centre de ce réseau en voie de convergence : l'ARPA et son service des recherches informatiques, l'IPTO. Deux tâches essentielles résument le rôle de l'agence lors de cette dernière étape : le pilotage du projet et son financement. C'est peu dire que l'ARPA/IPTO occupe alors une place éminemment centrale dans l'ensemble du réseau.

5.3.1.1.1 Les managers : l'IPTO comme chef d'orchestre, le rôle décisif de Larry Roberts

A l'origine même de ce projet de réseau, *l'Information Processing Technology Office*, sous la houlette de Taylor et Roberts, joue pendant ces années-là un rôle stratégique d'impulsion, de coordination, de financement et de planification du projet ARPANET. Au sein du service, le projet repose presque entièrement sur les seules épaules de Larry Roberts, secondé par Barry

[1] Selon l'expression de King, Grinter et Pickering. Voir J. KING, R. GRINTER, J. PICKERING, Grandeur et décadence d'Arpanet. la saga de Netville, cité champignon du cyberspace, *Réseaux*, n° 77, mai-juin 1996, p. 9-35

Wessler ; Robert Taylor, toujours Directeur en titre de l'IPTO, a laissé à son *Chief Scientist* la direction du projet et s'occupe du management général de la recherche informatique[2].

Le rôle personnel de Larry Roberts dans la mise en oeuvre du projet de réseau est un facteur décisif, attesté par tous les témoignages des acteurs d'ARPANET[3]. En effet, en véritable chef d'orchestre, c'est Larry Roberts qui a défini les orientations générales du projet et procédé au choix des premiers sites du réseau, établi les contrats avec ses partenaires (avec le SRI à la fin 67, avec Kleinrock en avril 69), recruté de nouveaux chercheurs (comme Elmer Shapiro sollicité pour développer les travaux sur les protocoles), fixé le calendrier de mise en oeuvre, lancé la procédure d'appel d'offres en août 68 auprès des entreprises privées pour construire les IMP. C'est encore lui qui tranche en faveur de BBN et qui conclue le contrat officiel de l'ARPA avec BBN en janvier 69, imposant des délais extrêmement draconiens à tous les acteurs concernés : le réseau devra être construit en douze mois ! Au cours de l'année 69, Roberts « surveille » donc à la fois les travaux de recherche sur les protocoles, la construction des IMP par BBN et la mise en place des quatre premiers noeuds d'ARPANET. Mais il doit également négocier avec l'ARPA, le Pentagone et les grandes firmes comme AT&T. Si la construction du réseau devient en 1969 un travail hautement collectif, impliquant plusieurs équipes de chercheurs et d'ingénieurs ayant chacune une tâche précise[4], au point de convergence de ces équipes se tient Larry Roberts qui supervise le travail d'ensemble.

Frank Heart, responsable du projet des IMP chez BBN, insiste sur l'importance du rôle de Roberts dans cette période cruciale et, en rappelant la position stratégique de celui-ci, en fait même la principale explication du succès d'ARPANET :

---

[2] Le retrait de Taylor commence déjà dans le courant 1967, lorsqu'il parraine une grande conférence informatique en Europe pour y introduire le *time-sharing*. Par la suite en 1968, Taylor est impliqué à son corps défendant dans la guerre du Vietnam, pour répondre à la demande de Herzfeld (*cf supra*). Taylor laisse alors une bonne partie de la direction de l'IPTO à Larry Roberts. Et vers la fin 68, lorsque le Directeur du *Behavorial Sciences Office* de l'ARPA, cet autre programme de recherche lancé en 1962 à l'arrivée de Licklider, quittera ses fonctions, l'ARPA demandera à Taylor d'assumer provisoirement sa succession. Il va se retrouver ainsi pendant quelques mois à la tête de deux services : l'IPTO et ce *Behavorial Sciences Office*. Cette lourde responsabilité explique son désengagement du projet ARPANET, désormais entièrement piloté par Roberts.

[3] Nous citerons cet hommage de Kleinrock qui, à propos du rôle de Roberts dans le développement d'ARPANET, souligne ceci : « *He was dominant. In the sense that he set goals, set things in motion, and protected us from all the vagaries of the ARPA structure on the other side of him. He managed to keep my side simple - he was a master at that.* » Et plus loin : « *The things he accomplished while at ARPA were phenomenal !* ». (L. KLEINROCK, *Interview by Judy E. O'Neill. 3 April 1990. Los Angeles, California, art. cit.*, p. 11)

[4] Rappelons-les brièvement : l'équipe BBN chargée de la construction des IMP, l'équipe du NWG qui travaille sur les protocoles, l'équipe d'Engelbart au SRI qui doit monter le Centre d'Information du Réseau, celle de Kleinrock à UCLA qui sera chargée des tests de performance, l'équipe de la NAC (Network Control Corporation) à qui revient une mission de contrôle et d'évaluation des flux.

> *« If you had to give the single most important reason why it was as successful as it was, it was that Larry Roberts had a great deal of authority and freedom and was able to control not only the contractors who were working on it, like BBN, but also the users, since he was supplying all their money. »5*

Sans retomber dans les visions simplistes des modèles diffusionnistes qui expliquent le succès d'une invention par le génie des inventeurs, il est non moins certain que le facteur de réussite, dans le cas d'ARPANET, a tenu à cette extraordinaire alchimie produite par la combinaison des talents exceptionnels de quelques individus occupant des positions clés. L'on retrouve toujours la combinaison du « *right man in the right place at the right time* ». Car le talent indéniable de ce jeune homme d'une trentaine d'années, qui va piloter avec maestria l'un des projets techniques les plus complexes et les plus novateurs de son temps, réside incontestablement dans la qualité et la force de ses relations établies avec les nombreux autres acteurs et dans l'autorité scientifique et managériale qu'il parvient à acquérir en peu de temps. Tous les acteurs d'ARPANET soulignent l'étroitesse, la densité et la fréquence des relations avec l'IPTO et, au premier chef, avec Larry Roberts, qui ne cesse de garder le contact au cours de ces mois d'intense activité avec tous ses partenaires[6].

Si l'IPTO est sur tous les fronts cette année-là, on ferait un contresens en imaginant cet organisme hybride (moitié militaire par son origine, moitié civil par sa composition) dans une position de contrôle absolu, hiérarchique ou administratif. Nous avons vu que l'IPTO n'est aucunement une administration bureaucratique et centralisée et ses dirigeants ont l'intelligence de développer un mode de management décentralisé, fondé sur la confiance, la souplesse et la liberté d'initiative laissée aux chercheurs, qui seront autant d'atouts pour la réussite du projet. Se réservant le soin de fixer le cap, l'IPTO laisse une totale liberté de mouvement aux chercheurs qui travaillent en contrat avec l'agence. King, Grinter et Pickering, dans leur étude sur « *la saga de Netville* », insistent également sur « *les deux stratégies majeures de la direction de l'IPTO : le concept de « découpage en couche » qui signifiait que l'exécution de projets complexes était segmentée en modules confiés à différents partenaires ; et le style de management décentralisé qui caractérisait l'IPTO.* »[7] Style de management que nous avons déjà abondamment évoqué.

---

[5] F. HEART, *Interview by Judy E. O'Neill. 13 March 1990. Cambridge, MA, art. cit.,* p. 7

[6] Notons, pour être tout à fait juste, que les collègues de Roberts à l'IPTO ont joué également un rôle essentiel, notamment Barry Wessler, dont on se souvient qu'il a organisé le réseau des doctorants de l'ARPA et qui reste en relation constante avec les jeunes chercheurs des différents sites.

[7] J. KING, R. GRINTER, J. PICKERING, Grandeur et décadence d'Arpanet. la saga de Netville, cité champignon du cyberspace, *art. cit.*, p. 15

5.3.1.1.2 Les financeurs : l'ARPA

Mais les qualités relationnelles et managériales ou la solidité du bagage scientifique de Larry Roberts ne suffiraient guère, si l'IPTO ne disposait par ailleurs d'un budget confortable et s'il ne bénéficiait à son tour de la liberté de maneuvre accordée par les dirigeants de l'ARPA. Nous avons suffisamment détaillé le fonctionnement interne de l'agence pour qu'il soit inutile d'y revenir ici. Rappelons simplement une donnée importante : l'augmentation régulière du budget de l'IPTO (18 millions de dollars en 1967, 25 millions en 1968-69, 28 millions en 1971), épargné par les restrictions budgétaires qui frappent alors l'ARPA. Larry Roberts parle même d'un budget de 30 millions obtenu du Congrès vers 1968 ou 69.

Comment est réparti ce budget, négocié par Roberts auprès des dirigeants de l'ARPA[8] ? Dans son interview, Roberts explique qu'il a d'abord étudié en détail le mode de management en vigueur dans les autres services du Pentagone, où la gestion des crédits est placée sous l'autorité unique d'un responsable de haut niveau, qui répartit ensuite ce budget entre plusieurs personnes placées sous ses ordres. Voulant améliorer l'efficacité de ce système, Larry Roberts a volontairement réduit son équipe de l'IPTO à un minimum de deux ou trois personnes (Roberts, Wessler et Al Blue), considérées comme autant de managers autonomes et responsables. Le budget de l'IPTO est donc réparti entre ces trois personnes, chacune gérant, en toute responsabilité, des crédits de recherche d'environ 10 millions de dollars. On retrouve dans ce mode de gestion des crédits la quête systématique de l'efficacité, de la souplesse et de la rapidité d'intervention.

Durant cette période faste de son histoire, l'IPTO bénéficie donc d'une redoutable force de frappe financière, gérée dans une très grande liberté. Et le soutien accordé par les dirigeants de l'ARPA aux responsables du Bureau des recherches informatiques, concernant notamment le projet de réseau, ne se démentira pas et sera un atout décisif dans le succès du projet.

5.3.1.2 Le pôle « Scientifique » : recherches et expérimentation du réseau

La construction d'ARPANET va prendre appui sur les départements d'informatique nouvellement créés et sur les laboratoires de recherche en contrat avec l'ARPA, qui ont expérimenté les systèmes de *time-sharing* ou d'autres recherches de pointe en informatique.

Nous avons vu qu'au début octobre 1967, dix-neuf participants possibles à ce qui s'appelle alors l'« ARPA Network » ont été choisis par l'IPTO. Parmi ces dix-neuf sites, quatre sont choisis

[8] Les dirigeants de l'ARPA de cette époque sont alors Steve Lukasik et Ed Rechtin.

pour commencer les premières connexions : le SRI, UCLA, l'UCSB et Utah. Il n'est pas inutile de revenir sur ce choix des premiers sites « historiques » d'ARPANET.

Première observation d'évidence sur la géographie du réseau, que l'on ne pourra expliquer totalement : ces quatre premiers sites sont tous sur la côte Ouest. La naissance d'ARPANET semble traduire une nouvelle topographie de la recherche informatique américaine[9], dont le pôle principal n'est plus limité à l'Est et particulièrement au MIT, comme nous l'avons noté jusqu'à présent. S'il serait abusif de soutenir que le centre de gravité s'est déplacé en Californie, il est patent que le déséquilibre entre l'Est et l'Ouest est nettement moins marqué qu'auparavant, lorsque le MIT, le Lincoln Lab, Harvard ou BBN concentraient l'essentiel des recherches de l'informatique interactive. Certes, ces hauts-lieux de l'informatique figurent parmi les dix-neuf sites devant être connectés à terme, mais ils ne sont pas dans les premiers retenus.

Si l'implantation géographique du réseau exprime, d'une manière globale, la recomposition et la nouvelle donne de la recherche informatique américaine, désormais aussi solidement implantée à l'Ouest qu'à l'Est, l'explication immédiate de ce choix est néanmoins à chercher dans le suivi précis des traductions et interactions d'ARPANET. Il faut rappeler par exemple que les chercheurs du MIT, pourtant à l'avant-garde du *time-sharing* au début de la décennie, n'ont pas été des plus enthousiastes lors du lancement du projet de réseau en avril 67[10].

En fait, le choix des quatre premiers sites reflète et traduit à la fois les implications de certains acteurs dans le projet de réseau et les liens scientifiques et/ou personnels, parfois anciens, entre l'IPTO et ses chercheurs. Autrement dit, le « réseau social » constitué par les ARPA's Contractors, mais aussi par les relations personnelles entre chercheurs, va sous-tendre le « réseau technique » qui va relier les quatre premiers sites d'ARPANET puis les quinze autres. Les liens sociaux vont s'incarner, se « cristalliser » dans les lignes de transmission reliant les ordinateurs. Non point que le « social » précèderait la « technique » et la conditionnerait (selon le modèle du constructivisme social) : ce n'est pas *uniquement* à cause des liens personnels ou institutionnels forts entre l'ARPA/IPTO et certains de ses contractants que les quatre sites ont été choisis. Car ces liens sociaux sont par ailleurs totalement imbriqués, enchâssés dans des liens ou des considérations techniques et scientifiques, comme nous allons le voir.

---

[9] Pour nuancer cette observation, précisons que nous parlons surtout de la recherche informatique académique (et non générale) et plus particulièrement de la recherche dans le domaine de l'informatique interactive. Il nous manque une vue d'ensemble du champ de l'informatique américaine des années 60, qui permettrait de mieux apprécier l'équilibre des forces entre l'Est et l'Ouest.

[10] Probablement en raison de leur implication dans le *Project MAC* et ses suites, notamment le projet *MULTICS*, que nous avons rapidement évoqué plus haut et qui mobilise totalement, au même moment que le lancement d'ARPANET, les chercheurs du *Computation Center* comme Corbato, Dennis, etc.

Ce que « traduisent » (au sens de la sociologie de la traduction) les quatre premiers sites d'ARPANET, ce ne sont pas tant la nature sociale ou technique (ou hybride) des liens qui relient ces universités à l'ARPA/IPTO que leur degré d'intensité, leur force, leur situation dans l'ensemble du réseau socio-technique que constitue alors la recherche informatique américaine avancée. En ce sens, la première topographie du réseau technique d'ARPANET nous donne de précieuses indications sur celle du réseau socio-technique en émergence.

Nous allons donc passer rapidement en revue ces quatre sites historiques d'ARPANET, en essayant de pointer ces principaux liens, ces chaînes de traductions à la fois sociales et techniques qui les relient au coeur du réseau, l'ARPA/IPTO.

5.3.1.2.1 Le SRI et la chaîne de traductions : « Engelbart - NLS/hypertexte - ARPANET - Centre d'Information du réseau »

Aucune surprise à voir figurer le SRI *(Stanford Research Institute)* à l'Université Stanford en Californie comme l'un des premiers sites retenus pour ARPANET. Si l'on examine les deux faces, sociale et technique, de la relation Engelbart/IPTO, que voit-on ?

Côté « social », nul doute que l'accord immédiat et enthousiaste donné par Engelbart au projet de l'IPTO, lors de la réunion difficile d'Ann Arbor en avril 67, ait facilité, voire induit le choix du SRI comme l'un des tout premiers sites du futur réseau. Le facteur social a donc joué un rôle-clé, d'autant qu'Engelbart est l'un des plus anciens et des plus prestigieux ARPA's Contractors. Mais la sélection d'un site du réseau ne peut être seulement une « gratification » ou un signe de reconnaissance de l'ARPA envers ses alliés les plus fidèles.

Côté « technique », si Engelbart n'avait pas proposé de créer au SRI ce centre d'information du réseau, s'il n'avait pas pu disposer alors de sa messagerie collective NLS, mise au service d'ARPANET, la qualité et l'ancienneté de ses relations avec l'ARPA/IPTO n'auraient sans doute pas suffi. Hybridation du social et du technique, là encore.

Nous avons vu également qu'Engelbart n'est pas le seul chercheur de Stanford impliqué dans cette aventure : derrière lui, c'est tout son propre réseau, sa propre équipe qui va être mobilisée au service du projet de l'ARPA. Aussi le SRI est-elle sans doute l'université qui a contribué la première à la naissance d'ARPANET, si l'on rappelle ces deux autres faits :

- le rapport de Shapiro en décembre 1967, qui a servi de base à Larry Roberts et Barry Wessler pour élaborer la version finale des spécifications de l'IMP. A ce titre, le SRI serait en bonne partie à l'origine directe de la conception du Plan ARPANET ;

- le rôle du même Shapiro en août 1968 dans le lancement des recherches sur les protocoles, à l'origine du NWG.

Durant ces deux années 1968 et 69, Douglas Engelbart sera présent sur deux fronts à la fois, travaillant, d'une part à l'élaboration du second noeud du réseau ARPANET et à la mise en place du « *Network Information Center* », tout en poursuivant, d'autre part, ses travaux sur le système hypertexte NLS, pour lequel il présentera son invention la plus connue, la souris. Il en fera une spectaculaire démonstration à l'automne 1968 lors de la Conférence de la *Fall Joint Computer* à San Francisco.

Cette concomitance mérite d'être relevée au regard plus général de l'histoire de l'informatique et des réseaux, car elle atteste de la place centrale du SRI à la fin des années 60, qui, grâce à Engelbart, se trouve au coeur de deux des innovations majeures de l'informatique de l'époque :

- la souris et, derrière ce premier dispositif de pointage, les interfaces graphiques qui annoncent une toute autre relation à l'ordinateur ;
- la mise en réseau des ordinateurs avec ARPANET.

Dans le long processus d'émergence de l'ordinateur individuel, qui débouchera en 1972 sur l'Alto d'Alan Kay[11], l'un des premiers ordinateurs personnels, la première apparition publique de la souris d'Engelbart et Bill English à l'automne 68 représente une étape cruciale, notamment en raison de cette convergence des deux « filières » techniques.

Ainsi, toutes proportions gardées, la place de l'institut de la prestigieuse université de Stanford dans la recherche informatique, dans cette seconde moitié des années 60, rappelle celle du MIT au cours de la précédente décennie.

En résumé et sans diminuer l'importance des autres sites, l'étude détaillée de la chronologie place le SRI au point de départ de trois aspects majeurs d'ARPANET : la création d'un centre d'information sur le réseau (le NIC), la première description des paramètres des IMP et l'inauguration des recherches sur les protocoles de communication. Mais si le SRI a été immédiatement choisi par Roberts pour toutes ces raisons, l'Institut de Stanford ne sera pas cependant le premier « noeud » connecté au réseau. Ce rôle va revenir à l'autre grande université californienne, UCLA.

[11] Voir sur ce point Bardini, Horvath, *art. cit.*

Le schéma 5.2.1 inaugure une courte série de schémas consacrés à trois des premiers sites d'ARPANET, qui visent chacun à retracer sommairement l'enchaînement des traductions ayant conduit à la connexion de ces trois universités.

Schéma 5.2.1 Filières des sites d'ARPANET

La filière Engelbart-SRI-ARPANET : 1962-1969

5.3.1.2.2 UCLA ou la filière : « Roberts- Kleinrock-transmission par paquets-Centre de mesure du réseau-équipe de doctorants »

Pour quelle raison la *University of California at Los Angeles* a-t-elle été choisie par les dirigeants de l'IPTO pour être le premier site connecté à un IMP ? Là encore, pour des raisons à la fois scientifiques, techniques et sociales, qui s'entremêlent étroitement.

La principale raison du choix de UCLA dans la configuration initiale d'ARPANET tient, sans nul doute, à la présence de Leonard Kleinrock, dont nous avons déjà évoqué la figure et l'importance des travaux. Raison d'ordre scientifique donc, incarnée par l'inventeur de la « théorie des files d'attente » (*queuing theory*), qui a profondément marqué Larry Roberts.

Pourtant, Kleinrock, en poste à UCLA depuis 1963, ne sera pas un *ARPA's Contractor* pendant plusieurs années et ce, en dépit de l'ancienneté et de la nature personnelle de ses liens avec les dirigeants de l'IPTO[12]. Curieusement, le pionnier de la transmission par paquets reste donc en-dehors du réseau des chercheurs de l'ARPA jusqu'en 1969[13]. Cependant, il est tenu informé par son ami Roberts du projet de réseau, dès l'arrivée de celui-ci à l'ARPA au début 67. On retrouve une fois de plus l'importance des relations personnelles et informelles dans la genèse du réseau. Kleinrock indique ainsi qu'il a été invité avec quelques autres chercheurs à participer à une réunion à Washington pour aider Roberts à préciser les spécifications du réseau[14], réunion au cours de laquelle Kleinrock soulève la question de la mesure des performances du logiciel de communication. Une idée qui va faire son chemin et qui débouchera, quelques mois plus tard, sur la mise en place d'un Centre de Mesure du Réseau, le NMC (*Network Measurement Center*), dont la responsabilité sera évidemment confiée à son instigateur. Ainsi pendant plusieurs mois[15], Kleinrock est-il impliqué dans le projet de l'ARPA de manière plus ou moins informelle et officieuse, comme Robert Kahn chez BBN.

---

[12] Rappelons que Kleinrock a été très lié à Ivan Sutherland et à Larry Roberts, au temps de leur formation commune au Lincoln Lab (voir section 4.4.1.1 : « Un passionné d'électronique... »).

[13] Ainsi, n'étant pas PI (*Principal Investigator* de l'ARPA), il ne participe pas à la réunion historique de Ann Arbor d'avril 67.

[14] Cette réunion informelle convoquée par les responsables de l'IPTO, aurait eu lieu - nous n'avons pas de certitude sur la date - au début 67, peut-être bien avant celle de Ann Arbor. Se retrouvent à Washington une dizaine de chercheurs en contrat (comme Engelbart) ou non (comme Kleinrock) avec l'ARPA. Ce serait au cours de cette réunion que l'un des chercheurs (sans doute Engelbart) aurait fixé une exigence technique décisive pour le réseau : un temps de réponse d'une demi-seconde. Ce temps de réponse deviendra ainsi un objectif à remplir.

[15] Durant cette période, Kleinrock est surtout occupé à fonder sa propre entreprise, la *Linkabit Corporation*, qu'il lance en 1968.

Le choix de UCLA comme l'un des quatre premiers sites d'ARPANET est établi également en octobre 1967 et on peut donc voir dans ce choix, comme dans celui du SRI, l'imbrication de plusieurs facteurs :

- le **facteur scientifique**, avec la renommée de Kleinrock dans le domaine de la transmission par paquets, analogue à celle d'Engelbart dans celui des interfaces. A UCLA comme au SRI, l'ARPA/IPTO s'appuie sur des chercheurs confirmés, reconnus, porteurs d'innovations importantes dans un domaine précis de la recherche. Par ailleurs, UCLA est déjà à cette époque un haut lieu de la recherche informatique, ayant créé l'un des premiers doctorats de « Science Computer » qui attire de nombreux jeunes chercheurs ;
- **les facteurs sociaux**, où l'on peut distinguer deux aspects complémentaires : d'une part, l'amitié de longue date entre Kleinrock et Roberts (déjà évoquée et qui singularise d'ailleurs le choix de UCLA par rapport au SRI), d'autre part, le « réseau » propre à UCLA et Kleinrock.

Parmi les jeunes chercheurs d'UCLA figurent deux doctorants qui se connaissent depuis longtemps, Vinton Cerf et Steve Crocker. Vinton Cerf travaillera quelques temps avec le professeur Estrin, en contrat avec l'ARPA[16] et il est rejoint à l'été 68 par son ami Crocker. A l'automne 68, le contrat de l'ARPA accordé à Estrin est transféré à Kleinrock, qui va ainsi « récupérer » dans son équipe les deux jeunes chercheurs. Comme Engelbart au SRI, Kleinrock s'entoure donc d'une équipe de jeunes doctorants, très brillants et s'investissant fortement dans le domaine des réseaux. Cette équipe de UCLA, animée par Kleinrock, est ainsi composée de plusieurs jeunes chercheurs comme Vinton Cerf, Steve Crocker, mais aussi Jon Postel, Mike Wingfield..., à l'origine d'innovations majeures notamment dans le domaine des protocoles. L'ARPA/IPTO peut donc s'appuyer sur des forces humaines importantes, qu'elle va d'ailleurs « mobiliser » très vite dans le projet.

A ces deux facteurs socio-techniques s'ajoute enfin un **troisième facteur**, purement **technique** celui-là, qui explique le choix de UCLA comme premier site à connecter au réseau : la création du NMC. En effet, à partir du moment où l'université de Los Angelès est choisie pour être le centre de mesure du réseau[17], il est dès lors indispensable qu'elle soit le premier site connecté d'ARPANET, afin de pouvoir, dès le début du fonctionnement du réseau, en surveiller les performances. Nous reviendrons plus loin sur ce NMC.

---

[16] Le contrat de l'ARPA avec Estrin porte sur le projet du « *Snuper Computer* » : l'utilisation d'un ordinateur pour suivre l'exécution de programmes sur une autre machine.

[17] Il est difficile de dater avec précision le moment où a été décidée la mise en place de ce centre de mesure du réseau. Kleinrock nous apprend dans son interview au CBI que le contrat avec l'ARPA, qui fera de lui un nouvel *ARPA's Contractor*, n'est signé qu'en avril 1969. Mais selon toute vraisemblance, la décision de créer le NMC a été prise bien avant, sans doute dans le courant 1968. Là encore, une chronologie plus fine des traductions est difficile à établir.

Quelle est la mission assignée à l'équipe d'UCLA, dans cette phase de mobilisation de 1969 ? Elle est triple :

- mettre en place ce Centre de mesure du Réseau (le NMC) ;
- construire une interface matérielle, permettant de connecter le serveur de UCLA, le Sigma-7, à l'IMP qui doit être livré par BBN à la fin août ;
- participer aux travaux et aux recherches sur les protocoles, menés par le Network Working Group (mais cette dernière tâche ne concernera pas tous les membres de l'équipe de UCLA).

La grande université californienne - qui est au même moment le symbole fort de la contestation étudiante des années 60 - devient ainsi dès 1968-69 un point névralgique du réseau en cours d'émergence et sera le premier site connecté d'ARPANET.

Schéma 5.2.2 Filières des sites d'ARPANET

La filière Kleinrock-UCLA-ARPANET : 1962-1969

5.3.1.2.3 UCSB et le graphisme

Le troisième site devant être connecté au réseau est une autre université californienne, l'UCSB *(University of California at Santa Barbara).*

Des raisons essentiellement scientifiques sont généralement avancées pour expliquer ce choix., Selon le texte des pionniers d'Internet[18] en effet, l'UCSB et, en son sein un laboratoire précis, le *Culler-Fried Interactive mathematics*, est choisie du fait des travaux de deux chercheurs, Glen Culler et Burton Fried. Ces travaux de graphisme (*graphics* selon l'appellation en vigueur dans la recherche informatique) portent sur l'affichage de fonctions mathématiques, utilisant des « visus à mémoire » (*storage displays*). Les travaux de Culler et Fried[19] (doivent servir, selon le « texte des fondateurs », au « rafraîchissement » (*refresh*) du réseau, i.e. à la régénération des signaux.

Il faut noter, en ce qui concerne ce site, la place plus limitée qu'il occupe dans les témoignages des acteurs. Les chercheurs de l'UCSB sont restés ainsi moins connus que leurs collègues dans l'histoire d'ARPANET et ils ne semblent pas, par exemple, avoir des relations aussi étroites avec les responsables de l'IPTO que les chercheurs de UCLA, du SRI ou de l'Utah. Aussi ne disposons-nous que de très peu d'informations sur ce site d'ARPANET et sur les raisons de son choix.

Mais l'on pourrait peut-être avancer un autre facteur d'explication, s'ajoutant aux recherches de Culler et Fried : la proximité géographique. Santa Barbara, petite ville huppée de la côte californienne, est située entre les deux premiers sites : à cent cinquante kilomètres au nord de Los Angelès et de UCLA et à moins de cinq cents kilomètres au sud de Menlo Park, qui abrite le SRI. Dans l'expérimentation de ce réseau d'un type totalement nouveau, la distance géographique doit certainement jouer un rôle important, ce qui pourrait expliquer la concentration des premiers sites sur la même partie du territoire américain. Et dans cette topologie du réseau, l'UCSB a peut-être été choisie pour « rafraîchir » les signaux de données circulant entre UCLA et le SRI.

Mais ceci reste de l'ordre de l'hypothèse.

5.3.1.2.4 Utah et la chaîne « Evans-graphisme-Sutherland-Taylor-ARPANET »

Le quatrième site choisi est l'Université d'Utah, à Salt Lake City dans le Middle West Nord.

---

[18] B. LEINER, V. CERF, D. CLARK, et alii, *A Brief History of the Internet*, février 1997. Disponible sur WWW : <http://www.isoc.org/internet-history>, p. 3. Nous baptisons ce témoignage important de l'appellation de « texte des fondateurs », car il est signé de la plupart des pionniers d'ARPANET.

[19] Travaux sur lesquels nous n'avons pu recueillir aucune autre donnée.

On retrouve ici sans conteste l'imbrication des éléments scientifiques et sociaux.

Au plan scientifique, depuis le lancement du projet de recherche sur le graphisme par Robert Taylor en 1966[20], l'Université d'Utah est devenue le centre d'excellence en matière de *graphics*. Et dans le choix des premiers sites d'ARPANET, le graphisme, comme le *time-sharing*, constitue l'un des principaux critères scientifiques retenus par les dirigeants de l'IPTO. D'où la présence de l'UCSB et de l'Université d'Utah dans les premiers sites.

Par ailleurs, comme UCLA et le SRI, l'Université d'Utah occupe une place importante dans le réseau humain des *ARPA'S Contractors*. La longue chaîne de traductions a commencé avec le *Project Genie* et Dave Evans en 1963-64, s'est développée ensuite dans ce « centre d'excellence » du graphisme mis en place par Taylor et Evans, s'est enrichie avec la venue de Sutherland en 1968 et débouchera en décembre 1969 sur la connexion de l'Université d'Utah au nouveau réseau.

Autrement dit, aussi bien la présence dans cette université d'un ancien directeur de l'IPTO (Ivan Sutherland) que la réputation scientifique des travaux menés sur le graphisme ont constitué les éléments essentiels du choix de l'Utah comme quatrième site d'ARPANET[21].

Cette chaîne de traductions pourrait donc être schématisée ainsi : Project Genie > systèmes graphiques > ARPANET, avec Dave Evans, Robert Taylor et Ivan Sutherland comme principaux opérateurs et acteurs. Le schéma de la page suivante permettra peut-être de mieux rendre compte de cet enchaînement.

---

[20] Voir le point 4.3.3.2.1 : « Le projet de graphisme à l'Université d'Utah... »

[21] Rappelons également que Taylor, après son départ de l'ARPA, rejoint l'Université d'Utah où il restera un peu moins d'un an sur le berceau de son projet le plus personnel. Il travaillera notamment avec Ivan Sutherland sur les méthodes de représentations en 3-D sur le nouveau réseau. Une manière pour lui de réaliser la jonction concrète entre ses deux projets les plus importants : le *graphics* et ARPANET.

Schéma 5.2.3 Filières des sites d'ARPANET

La filière Evans-Sutherland-Utah-ARPANET : 1964-1969

5.3.1.2.5 La communauté universitaire de Netville

Dès la fin 1967, les quatre premiers sites d'ARPANET ont donc été choisis, mais il faut attendre 1968 et surtout 1969 pour voir se mettre en place les équipes universitaires. Comment se caractérise cet ensemble d'acteurs, représentant le « pôle Scientifique » de l'acteur-réseau de *l'ARPA Network* émergent ?

Tout d'abord, ce groupe d'acteurs universitaires, choisis pour des raisons diverses, reste hétérogène, beaucoup plus diversifié et divisé que les deux autres « pôles » de l'Armée et des Entreprises. Dans la « coalition institutionnelle »[22], forgée par l'alliance entre armée, universités et entreprises, le pôle universitaire est forcément le plus éclaté, partagé qu'il est entre des domaines de recherche différents, des organisations spécifiques, des intérêts matériels, personnels et scientifiques multiples, des histoires et des cultures locales spécifiques, des objets techniques hétérogènes. Il peut donc sembler contestable d'en faire un ensemble d'acteurs au même titre que des organisations aussi spécifiques que l'ARPA/IPTO ou BBN. Nous tenons pourtant à cette distinction des trois « pôles », dont l'alliance constitue cet « objet-frontière » qu'est ARPANET, même si ces pôles sont de nature et de taille très différentes.

Mêlant professeurs confirmés (comme Kleinrock et Engelbart) et jeunes étudiants en fin de doctorat (comme Crocker, Cerf, Shapiro, Postel), travaillant sur des thèmes assez distincts (les interfaces et le time-sharing au SRI, les réseaux à UCLA, le graphisme à Utah et à l'UCSB), avec des matériels différents et incompatibles (*Sigma*, *SDS*, etc.), les équipes des quatre futurs sites d'ARPANET forment, avant leur connexion, un ensemble d'acteurs et d'actants éclaté, un réseau plutôt lâche, dont les seuls points de convergence sont les contrats avec l'ARPA.

Autrement dit, si des relations personnelles et scientifiques existent entre les équipes des quatre sites avant l'émergence d'ARPANET, on ne peut dire pour autant que ces quatre universités forment un véritable réseau, encore moins un « acteur-réseau ». Ce qui apparaît décisif ici est cette boucle de rétroaction entre la constitution du réseau technique et l'agrégation, le renforcement du réseau social, l'un et l'autre se co-produisant à travers les multiples traductions qui conduisent à ARPANET. Des liens organisationnels vont se greffer sur les connexions techniques, le social ne cessant de produire et d'être produit par le technique.

Dans cet ensemble hétérogène et dans ces divers processus de traduction, ce sont les jeunes chercheurs qui vont sans doute jouer le rôle le plus important : nous avons vu que c'est sur eux que l'IPTO va s'appuyer pour développer les travaux dans le domaine des protocoles de communication. Les membres du *Network Working Group* sont, au départ, tous étudiants en

[22] Nous empruntons cette notion à King, Grinter, Pickering, *art. cit.*, p. 14

cours ou en fin de doctorat. A UCLA, c'est également sur ses jeunes collègues que compte Kleinrock pour monter son *Network Measurement Center*, de même qu'Engelbart au SRI se repose sur son équipe de jeunes doctorants pour créer le *Network Information Center*.

Sollicités par l'IPTO à partir de 1967, qui leur accorde confiance, crédits et liberté d'initiative d'une manière assez inédite à l'époque, ces étudiants de l'informatique naissante (en tant que nouvelle discipline), ces nouveaux acteurs d'ARPANET vont travailler, soit en toute autonomie (au NWG), soit sous la houlette de leurs professeurs (au NIC et au NMC). Ils vont ainsi très vite se trouver au coeur de la construction d'ARPANET et lui imprimer leur marque.

Travaillant dans les campus agités par la vague libertaire des années 60 (UCLA est alors l'un des bastions de la contestation étudiante contre la guerre du Vietnam et du mouvement noir avec Angela Davis), ils vont donner au réseau naissant la plupart de ses caractéristiques originelles d'espace libre de communication, organisé autour des valeurs de gratuité, d'accessibilité et de « méritocratie informelle »[23]. Certes ces valeurs sont partagées par les autres acteurs de la « coalition institutionnelle » d'ARPANET, notamment par les ingénieurs de BBN à peine plus âgés que les étudiants des campus californiens et qui portent également les valeurs et l'air du temps de cette fin des années 60[24]. Mais la communauté universitaire de « Netville » et plus particulièrement sa composante étudiante représente le noyau dur de « l'imaginaire » d'ARPANET, incarné notamment dans les pratiques et les valeurs du NWG.

5.3.1.3 Le pôle « Entreprise » : conception et construction du réseau

Le troisième groupe d'acteurs se situe à la lisière de l'université et du Pentagone : il s'agit des entreprises privées, habituées à travailler en étroite concertation avec l'une et l'autre, surtout depuis la Deuxième guerre mondiale. Cet ensemble d'acteurs semble en fait se réduire au moment de la naissance d'ARPANET à une poignée d'entreprises, au premier rang desquelles se détache le groupe de consultants de Cambridge, Bolt, Beranek and Newman (BBN), déjà cité dans l'évocation du time-sharing du début des années 60.

5.3.1.3.1 BBN comme constructeur du réseau

BBN va occuper une place centrale dans la dernière phase de la naissance d'ARPANET. Ayant remporté en décembre 68 l'appel d'offres de l'ARPA, elle va se lancer à corps perdu dans la

[23] Selon King et Grinter, la « méritocratie informelle » consistait à reconnaître les « leaders » en fonction de leurs compétences techniques, de leurs talents et non selon leur statut hiérarchique. D'où la place décisive occupée par de jeunes étudiants, promus « gourous » d'un domaine particulier (dans le hardware, les protocoles, etc.). Nous reviendrons sur cette notion de méritocratie informelle, qui est l'un des grands traits du réseau émergent.

construction des IMP. Sa mission, précisée au début janvier 1969 dans le contrat officiel signé avec l'ARPA/IPTO, est on ne peut plus claire : pour un peu plus d'un million de dollars, BBN s'engage à construire quatre ordinateurs serveurs de messages, les IMP (Interface Message Processor) ; le premier IMP doit être livré à UCLA le 1er septembre, les trois autres avant la fin décembre à raison d'un par mois. Le réseau ARPANET doit être opérationnel en douze mois.

Si la mission est claire et les rôles bien répartis, la tâche technique n'en est pas moins rude : construire en moins de huit mois une machine capable de faire de la commutation par paquets représente alors une innovation et une gageure totales. Le projet suscite d'ailleurs doute et scepticisme chez la plupart des grands opérateurs de l'informatique (comme IBM) et des télécommunications (comme AT&T), tout comme chez de nombreux chercheurs. Un double scepticisme même : sur les possibilités techniques de faire fonctionner correctement un tel réseau (nous avons évoqué la position d'IBM sur ce point) et aussi sur la capacité d'une petite firme comme BBN à le construire, ce type de travaux étant loin d'être la spécialité de la firme. Pour l'équipe de Frank Heart, le défi à relever est donc immense : il y va à la fois de la crédibilité de la firme, la fameuse « troisième université » de Cambridge et, derrière elle, de celle de l'ARPA/IPTO qui supporterait mal un échec. Au plan technologique, si le réseau ne devait pas fonctionner, c'en serait peut-être fini pour longtemps des projets de réseaux d'ordinateurs et de transmission par paquets. Le projet similaire de Paul Baran n'est-il pas mort-né quelques années auparavant, alimentant les réticences et les oppositions de toutes sortes aux réseaux informatiques ?

Quelle est la nature du défi technique ? Pour les ingénieurs de BBN, la principale difficulté provient, non du matériel (le *hardware*), mais de la partie logicielle (le *software*), *i.e.* du programme devant faire tourner les IMP et assurer la commutation par paquets. Schématiquement, quatre défis et contraintes techniques doivent être relevés : **la fiabilité, la continuité, la fluidité et la rapidité des transmissions**. La fiabilité des transmissions est le premier défi posé aux IMP, qui devront éliminer tous les « bruits » venant parasiter le transfert des données. On retrouve là une actualisation de la célèbre problématique de la théorie de la communication de Shannon : si la communication téléphonique peut supporter un certain « bruit » (au sens shannonien de tout élément venant perturber la transmission du signal : parasites, craquements, sifflements, etc.), il n'en va pas de même pour les ordinateurs, beaucoup plus sensibles que l'homme et pour les données informatiques, qui peuvent être détruites en cours de transfert. La correction des erreurs de transmission sera donc un souci constant pour les ingénieurs de BBN. La continuité des transmissions est également un deuxième problème :

---

[24] Ainsi plusieurs ingénieurs de BBN (notamment Severo Ornstein) sont plutôt des anti-militaristes opposés à la

comment surmonter les inévitables coupures (dues aux conditions climatiques notamment) dans un réseau aussi étendu ? Comment éviter également l'engorgement des mémoires tampons (les buffers) du réseau, une fois que plusieurs sites auront été connectés ?

> *« Les messages auraient une longueur maximale de 8000 bits, l'équivalent de 1000 caractères ; les IMP devaient les découper en une suite de paquets d'une taille maximale de 1000 bits chacun. »*[25]

A la fluidité du transfert des données s'ajoute enfin la vitesse de transmission, qui doit être inférieure ou égale à une demi-seconde, comme cela a été exigé dès le départ par les ARPA's Contractors.

> *« Une demi-seconde pour qu'un message aille de n'importe quelle source hôte à n'importe quelle destination hôte par le sous-réseau des IMP. Cela signifiait une capacité de traitement de l'ordre de cent messages par seconde, un objectif accessible, encore que la synchronisation s'annonçât difficile. »*[26]

Tels sont quelques uns des principaux défis techniques que va devoir surmonter l'équipe de BBN en un temps extrêmement court. Une part du scepticisme qui pèse alors sur la firme de Cambridge vient du fait qu'elle n'est pas elle-même constructeur de matériel. Aussi, afin de diminuer les risques techniques et gagner la confiance de ses divers partenaires, BBN va recruter un puissant allié pour construire le support technique des IMP : l'entreprise de matériel informatique Honeywell. En février, l'équipe de Frank Heart prendra livraison du DDP-516 commandé à Honeywell : cette machine, très robuste, sera le support d'expérimentation et de développement du logiciel des IMP. Le premier obstacle technique du matériel ayant été contourné, les véritables travaux vont pouvoir commencer.

Mais le défi « organisationnel » est plus grand et la firme de Cambridge va commencer par renforcer ses moyens et son dispositif d'action : à la demande de Elkind et de Heart, Robert Kahn rejoint dès janvier la division de Frank Heart et s'intègre à l'équipe des IMP, qui s'appelleront bientôt eux-mêmes les *IMP Guys* (les gars de l'IMP). Frank Heart, qui dirige d'une main ferme le projet, va mobiliser durant toute l'année cette équipe renforcée, qui a déjà beaucoup avancé le travail de conception lors de la préparation de l'appel d'offres. Les effectifs ne vont pas augmenter de manière spectaculaire : outre le recrutement de cet allié de poids qu'est Robert Kahn et qui va jouer un rôle-clé dans le projet, Frank Heart fera seulement appel à deux ou trois personnes supplémentaires, dont Ben Barker. La « stabilisation des acteurs », *i.e.* l'attribution aux différents participants du projet global d'une identité et d'une tâche bien

---

guerre du Vietnam.

[25] HAFNER, LYON, *op. cit.*, p. 125

[26] *Ibid.*, p. 125

définies, s'opère également au sein de l'équipe de BBN, sous la houlette de Frank Heart. Dès le début des travaux, les tâches se répartissent entre les *IMP Guys* de la manière suivante :

- **Bob Kahn**, le « théoricien », est chargé de **l'architecture générale du réseau** et de l'écriture des spécifications techniques de la connexion des IMP aux serveurs des universités ;
- **l'équipe de programmation** est animée par **Willy Crowther**, récemment recruté, qui prend en charge la programmation du logiciel des IMP et travaille sur leur interconnexion. Elle comprend **Dave Walden**, chargé plus particulièrement des problèmes de connexion entre les IMP et les ordinateurs hôtes et **Bernie Cosell**, qui doit veiller aux problèmes et aux outils de « débogage » ;
- **l'équipe du matériel** est représentée par **Severo Ornstein**, spécialiste du *hardware* : il doit notamment construire les dispositifs d'Entrée/Sortie sur la machine Honeywell 516 et veiller à toutes les modifications nécessaires sur le 516, qui seront demandées à Honeywell. C'est Ornstein qui propose de recruter **Ben Barker**, un jeune étudiant de vingt-deux ans, dont les talents en matière de matériel informatique vont être employés dans le projet. Barker sera notamment chargé de tester les prototypes (les machines 516) livrés par Honeywell.

Dans l'acteur-réseau qui se constitue autour du projet ARPANET et dont on mesure la complexité croissante, la place de l'entreprise BBN apparaît donc décisive. Si l'ARPA/IPTO est au centre du réseau, BBN représente le deuxième foyer du réseau et surtout le centre technique vital dont dépendent les autres acteurs. Car de la construction et du bon fonctionnement des IMP dépent alors tout le reste du projet. Que les IMP ne soient pas adaptés ou qu'ils soient livrés en retard et tout le processus peut s'enrayer.

Cette position stratégique de « point de passage obligé » de BBN est illustrée lors d'une réunion importante et devenue célèbre dans les annales d'ARPANET, connue sous le nom de réunion de la Saint-Valentin. Le 14 février 1969 (jour de la Saint-Valentin) se tient, au siège de l'entreprise à Cambridge, la première rencontre de concertation entre les deux principales équipes d'ARPANET : d'une part les étudiants et les chercheurs du NWG et des sites-hôtes, d'autre part l'équipe BBN, soit au total une trentaine de personnes. Réunion difficile, car chacune des équipes a des priorités spécifiques : les niveaux de communication entre machines les plus bas et les plus fiables possibles pour BBN, des programmes de communication de haut niveau de serveur à serveur pour l'équipe du NWG. Des dissensions techniques assez fortes, ainsi qu'une certaine méfiance entre les deux groupes de chercheurs aux intérêts divergents apparaissent lors de cette réunion. Intérêts mais aussi « cultures techniques » différentes : entre les ingénieurs professionnels de BBN et les jeunes doctorants inventifs des universités, les représentations de

l'ordinateur, les attentes, les pratiques sont loin d'être en congruence. Ainsi Frank Heart, responsable du projet chez BBN et obsédé par la sécurité et la fiabilité du matériel, se méfie-t-il beaucoup des étudiants, qu'il devine pressés de « jouer » avec les futurs IMP. Et pour parer à toute utilisation sauvage ou ludique des ordinateurs du réseau, il décide alors de verrouiller totalement l'accès aux IMP, dont le code-source sera secret et les commandes inaccessibles.

Cette réunion houleuse ne débouche pas sur des décisions importantes et fait plutôt un état des lieux et des conceptions divergentes des équipes. Elle confirme surtout BBN dans sa position stratégique d'acteur détenant les clés techniques du projet et marque sa prééminence sur les jeunes universitaires.

Ce rôle de leader technique de BBN apparaît également deux mois plus tard, à la mi-avril, lorsque Robert Kahn termine son rapport sur les spécifications de la connexion entre serveurs et IMP[27]. La délimitation des tâches entre les deux principaux artefacts du réseau - les IMP et les serveurs des universités - est désormais bien établie : les IMP doivent servir uniquement à transporter les messages découpés en paquets, ils ne sont pas des serveurs mais des commutateurs de paquets, des routeurs. Cet épais document de Robert Kahn (baptisé *Rapport BBN 1822*) va enfin permettre aux équipes des quatre sites, notamment de UCLA, de commencer à travailler sur le dispositif de connexion entre l'ordinateur de l'université et l'IMP.

Dans la répartition générale des rôles, si l'IPTO définit les grandes missions et les objectifs à chacun des acteurs du réseau, c'est bien BBN qui fixe le cadre technique et l'impose à ses partenaires[28]. Au terme de plusieurs mois de travail acharné et après avoir surmonté d'innombrables problèmes et contretemps de toutes sortes, l'équipe des *IMP Guys* parviendra à remplir son contrat, dans les délais prévus. La construction d'ARPANET sera une prouesse technique, humaine et organisationnelle[29].

5.3.1.3.2 Un partenaire « obligé » et contraint : AT&T

Outre BBN, très peu d'entreprises, à notre connaissance, sont impliquées dans le projet ARPANET, du moins dans cette étape de 1968-69. Nous avons déjà évoqué Honeywell, qui est un sous-traitant de BBN, chargé de l'adaptation des DDP-516 aux exigences des IMP. Il faut

---

[27] Ces spécifications précisent l'interface entre les serveurs d'ARPANET et les IMP : ceux-ci devront être connectés à chaque ordinateur avec une interface matérielle unique.

[28] On pourrait également faire le relevé des multiples interactions entre BBN et son entreprise sous-traitante, Honeywell, que l'équipe des *IMP Guys* va plusieurs fois « mobiliser » et impliquer dans le projet.

[29] Pour un récit détaillé de cette aventure que fut la construction des IMP, nous renvoyons, une fois de plus, au livre de Hafner et Lyon, qui retracent avec talent toute l'incertitude de ce défi technique, la complexité des problèmes à résoudre et la multiplicité des interactions dont BBN est au centre.

également mentionner le géant des télécommunications AT&T, réticent depuis le début devant ce projet de réseau d'un nouveau genre. Un contrat de sous-traitance avec AT&T sera conclu par l'ARPA pour la mise à disposition de lignes spécialisées de 50 kilobits entre les sites d'ARPANET. Mais selon Hafner et Lyon, Larry Roberts aurait confié la négociation avec AT&T à une autre agence du Pentagone (peut-être la DCA *: Defense Communications Agency*), habituée à traiter avec ce partenaire incontournable mais peu facile. Bel exemple d'opération de « détournement » ou de contournement d'un acteur, particulièrement difficile à intéresser et enrôler dans le projet. Roberts a probablement dû jouer de tout le poids institutionnel que lui confére sa position de directeur d'un service du Pentagone pour obtenir l'implication de la grande firme monopolistique des télécommunications, dont nous avons vu la forte opposition aux projets de réseau fondés sur la transmission par paquets[30]. La coopération avec le géant du téléphone ne semble pas avoir été le point fort des acteurs d'ARPANET[31] et si AT&T a participé (à des conditions que nous connaissons mal) à la naissance du réseau, il semble bien que ce soit à son corps défendant. AT&T ne peut donc être compris comme un membre important de « l'acteur-réseau » ou de la « coalition institutionnelle » d'ARPANET.

5.3.2 L'apparition des instances de régulation du réseau : de nouveaux « porte-parole » d'ARPANET

La dernière étape du processus de traduction d'ARPANET voit également apparaître différentes organisations, nées à partir et autour du futur réseau. D'abord plus ou moins informels puis de mieux en mieux structurés, ces groupes de travail vont accompagner, guider et permettre la naissance d'ARPANET, tant au plan technique que social ou organisationnel et ils annoncent les futures instances de régulation et de contrôle de l'Internet.

Selon le répertoire de la sociologie de la traduction, ces comités peuvent être assimilés à des « porte-parole » des autres acteurs du réseau, réduisant l'hétérogénéité des multiples entités qui le composent (humains, objets techniques, règles de communication, textes....) et contribuant à

---

[30] Voir la section 4.4.3.3 : « Le long et difficile processus de traduction... »

[31] Il est intéressant par exemple de relever que, à l'instar de Larry Roberts, « *Heart (qui) savait que la compagnie du téléphone allait devoir se bousculer pour remplir ses obligations, était soulagé de ne pas avoir à s'assurer de la coopération d'AT&T.* » (HAFNER, LYON, *op. cit.*, p. 135)

les associer de plus en plus étroitement dans de longues chaînes de traduction[32]. Les créations de ces comités sont donc autant d'opérations de traduction particulièrement importantes dans le processus d'ARPANET, puisqu'ils vont permettre de capter, d'assembler, d'organiser des forces encore éparses, dont ils vont devenir des sortes de représentants.

Trois organisations naissent à cette époque : le NIC, le NMC et le NWG, que nous avons déjà évoquées et sur lesquelles il nous faut revenir. Les deux premières sont des centres de gestion technique, chargés de missions précises dans le fonctionnement du futur réseau.

5.3.2.1 Le Network Information Center : « porte-parole » des ressources informationnelles du réseau ?

Nous avons retracé la création du NIC (*Network Information Center*), décidée en avril 67 avant même le lancement officiel du Plan ARPANET. Implanté au SRI et justifiant le choix de cette université comme l'un des premiers noeuds d'ARPANET, le NIC a pour mission de collecter l'information sur le réseau, sur les ressources des serveurs et en même temps de créer des outils informatiques pour le stockage et l'accès à cette information. Mis en place par Douglas Engelbart puis dirigé par Elizabeth Jake Feinler**,** le NIC aura également pour fonction la maintenance des tables de noms de serveurs[33] pour la conversion d'adresses et celle du répertoire des RFC (*Request For Comments* : cf ci-dessous).

« Représentant » les ressources dispersées du réseau, cet organe de gestion joue ainsi, avant même la naissance d'ARPANET, un rôle structurant très fort en organisant ou en simplifiant l'hétérogénéité des entités informationnelles. On peut également voir dans ce premier comité *ad hoc* une illustration de la véritable nature informationnelle d'ARPANET, en tant que système d'information de grande ampleur.

5.3.2.2 Le Network Measurement Center : « porte-parole » des performances du réseau ?

Nous avons vu que le deuxième centre de gestion technique a été également créé avant la naissance du réseau : il s'agit du NMC, le *Network Measurement Center*, implanté à UCLA sous

---

[32] Rappelons la définition qu'en donne Dominique Vinck : « *La notion de chaîne de traduction décrit la série des déplacements et des mises en équivalence nécessaires pour produire un énoncé ou un objet.* » (D. VINCK, *Sociologie des sciences, op. cit.*, p. 206)

[33] Nous n'avons pu déterminer les liens historiques exacts entre ce premier centre chargé de la gestion des noms de serveurs d'ARPANET et les futurs comités techniques de l'Internet, comme l'InterNIC ou l'actuel ICANN, à qui revient la tâche cruciale de l'attribution des noms de domaine aux machines du réseau. Autrement dit, le *Network Information Center* d'Engelbart est-il le lointain ancêtre de ces instances stratégiques de l'Internet ?

la direction de Leonard Kleinrock. Mis en place dès l'automne 68 et officialisé probablement en avril 69, avec le contrat entre l'ARPA et Kleinrock, le NMC bénéficie d'un financement annuel important de l'ARPA d'un montant de 200 000 dollars. Ce second comité correspond à la nécessité de mettre sur pied un outil capable de mesurer les performances du réseau, *i.e.* d'évaluer son trafic, de surveiller les flux de données, de repérer les dysfonctionnements au fur et à mesure de sa construction. Le NMC est une sorte de circuit d'essai du réseau, selon l'image de Hafner et Lyon, chargé de pousser celui-ci jusqu'à ses limites techniques.

Par son travail de mesure des flux et d'évaluation du réseau, le NMC va se transformer en acteur à part entière, spécifiquement généré par le réseau lui-même, dont il deviendra également une sorte de porte-parole, selon le répertoire de la traduction. Ainsi peut-on suggérer que, là où le NIC est chargé de la surveillance informationnelle et de la gestion des ressources, le NMC est chargé de la surveillance des flux du réseau et des tests. Dans les deux cas, ces deux organismes sont des instances de structuration du réseau naissant[34].

5.3.2.3 Le Network Working Group : « porte-parole » des protocoles, de la « culture Internet », voire du réseau lui-même ?

La troisième organisation *ad hoc* est d'une nature différente : le NWG est un groupe de recherche et non un groupe de gestion technique (comme le NMC) ou de gestion des ressources (comme le NIC).

Ce qui caractérise surtout le *Network Working Group*, dont nous avons retracé la création à l'été 68, est son importance grandissante dans le processus d'émergence d'ARPANET, à la fois aux plans technique, social et culturel. Aussi ne peut-il être mis tout à fait sur le même plan que les deux autres comités. Le NWG deviendra en effet un acteur-réseau au sein même du réseau ARPANET, avec lequel il va presque se confondre. Alors que les deux premiers comités, le NIC et le NMC, vont se stabiliser dans leur mission, leur université et leur identité d'origine au sein du réseau global, le NWG ne cessera de se développer, de se transformer dans un processus qui reflète et modifie à la fois le réseau émergent, dont il est l'un des produits les plus emblématiques. Au début pourtant, le *Network Working Group* n'est qu'une équipe plutôt réduite, parmi les autres équipes d'ARPANET, concentrée sur la tâche et l'échéance fixées par

[34] Rappelons enfin que le NMC, appelé à se développer au fur et à mesure de la croissance du réseau, exprime le lien avec l'une des « problématisations » initiales à l'origine lointaine du réseau, celle de Kleinrock sur la transmission par paquets, puisque la création du NMC vient en quelque sorte couronner les efforts engagés depuis 1959 par ce dernier.

l'ARPA : élaborer des protocoles de communication entre ordinateurs, en priorité entre les IMP et les ordinateurs « hôtes » des universités et ce pour le 31 août 1969.

On peut faire ici deux nouvelles observations sur le mode de management de l'IPTO :

- **la mise en émulation des équipes mobilisées** : l'ARPA/IPTO, dans sa stratégie de « mobilisation » de ses alliés, fixe des objectifs élevés à ses chercheurs et leur impose des contraintes très fortes, en jouant sur l'émulation ou la rivalité entre plusieurs équipes engagées vers le même objectif et soumises aux mêmes échéances. Ainsi la date du 31 août 1969 (date de livraison du premier IMP à UCLA) constitue-t-elle à cet égard une date-clé, puisque trois des principales équipes d'ARPANET (celle de BBN qui construit les IMP, celle de Kleinrock qui prépare le NMC et celle du NWG qui doit mettre au point les protocoles de serveur à serveur) doivent être prêtes en même temps. La diversité d'équipes tendues vers un objectif commun est l'un des traits les plus caractéristiques du processus d'émergence d'ARPANET.
- **la totale adéquation des équipes aux tâches fixées :** la répartition des rôles et des tâches entre les différents acteurs, pilotée par l'ARPA/IPTO (en fait Larry Roberts), frappe par sa pertinence et son efficacité. Nous avons vu ci-dessus à quel point les missions des deux comités techniques, le NIC et le NMC, sont en totale adéquation avec les forces qui composent ces comités (et réciproquement). De même que la construction des IMP nécessite le recours à une entreprise informatique, ayant fait la preuve de son efficacité pratique et de ses capacités de planification d'un projet technique complexe (comme le montrera BBN), de même l'invention de protocoles de communication implique d'autres qualités et donc d'autres acteurs.

5.3.2.3.1 Un groupe en *brainstorming* permanent

Ainsi le NWG est-il constitué, comme nous l'avons vu, d'étudiants diplômés de second cycle ou en fin de doctorat. L'on peut voir au moins deux raisons à la composition de ce groupe de travail :

- **une raison scientifique et intellectuelle** tout d'abord : pour se lancer dans une telle recherche sur le domaine vierge des protocoles, la mobilisation de jeunes chercheurs à l'esprit inventif a dû paraître préférable, aux yeux de Larry Roberts, à celle de chercheurs plus expérimentés mais parfois prisonniers de schémas anciens. Ce type de recherche nécessite avant tout de l'inventivité, une grande originalité et un inévitable tâtonnement. Comme l'indique Crocker lui-même, les jeunes membres du NWG auront tendance à poser des questions très larges, ne reculant pas devant les visions les plus ambitieuses :

> *« Instead of trying to make the work as short and simple as possible, we tended to consider grander aspects, such as how to do it right, how to get the full generality or the maximum flexibility out of something. »*[35]

- mais aussi **une raison économique,** que souligne Crocker : mobiliser une poignée de jeunes chercheurs sur un domaine aussi incertain revient beaucoup moins cher à l'ARPA que la mise sur pied d'un groupe de professeurs expérimentés.

Les jeunes doctorants du NWG doivent donc imaginer des solutions neuves pour des problèmes techniques inédits : comment faire communiquer les IMP et les serveurs-hôtes, comment transférer les données d'un serveur à un autre serveur, comment assurer ce partage des ressources entre les différents noeuds du réseau, objectif premier d'ARPANET. Contrairement à l'équipe de BBN qui doit résoudre des problèmes très concrets et y apporter des solutions immédiates, le NWG affronte des questions plus théoriques, dont les solutions techniques ne peuvent être que progressives.

Quel est le fonctionnement de ce groupe de recherche ? Pendant les derniers mois de 1968 et jusqu'au printemps 69, le NWG va fonctionner de manière très informelle, sans traces écrites ni ordre du jour. Les premières réunions semblent tenir plutôt d'un joyeux *brainstorming* désordonné, enthousiaste et hautement productif. Même si, au début, les réunions du NWG ne paraissent pas très fructueuses, ces jeunes chercheurs, qui travaillent sans aucune directive extérieure ni de l'ARPA ni de leurs professeurs, vont pourtant réussir à mettre au point en quelques mois les premiers protocoles du réseau.

Jusqu'en mars 69, le NWG n'est qu'une toute petite équipe de quatre ou cinq personnes, rassemblant les étudiants ayant participé à la réunion inaugurale de l'été 68 lancée par **Elmer Shapiro** : en plus de ce dernier, le noyau initial du NWG est alors composé de **Steve Carr** de l'Université d'Utah, **Jeff Rulifson** du SRI, **Ron Stoughton** de l'UCSB et **Steve Crocker** de UCLA[36]. Par rapport aux autres acteurs d'ARPANET, le NWG a donc travaillé d'abord de manière très isolée, ayant peu de relations, semble-t-il, avec l'IPTO et encore moins avec les autres acteurs, jusqu'à la fameuse réunion de la Saint-Valentin le 14 février 1969 (cf *supra*). Nous avons vu que cette première rencontre entre l'équipe de BBN et celle du NWG témoigne de dissensions importantes entre les deux équipes, chacune défendant ses priorités. Mais la

---

[35] S. CROCKER, *Interview by Judy O'Neill. 24 October 1991. Glenwood, MD*, Minneapolis (Minnesota), Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1991, p. 7

[36] Si l'on en croit la liste des membres du NWG, cités par Steve Crocker dans la RFC n° 1, il semble que Shapiro et Ron Stoughton n'aient pas participé aux réunions de l'hiver 68-69. Ainsi le NWG compterait-il pendant quelques mois à peine trois membres (Carr, Rulifson et Crocker), auxquels se joint parfois Bill Duvall du SRI, qui assiste à quelques réunions.

réunion de la Saint-Valentin servira à partager les tâches de manière plus claire et les étudiants du NWG connaissent mieux désormais les contraintes techniques fixées par BBN. Cette rencontre difficile avec BBN est suivie en mars d'une nouvelle réunion à l'Université d'Utah, propre au NWG celle-là, réunion « particulièrement agréable » (selon Crocker) au cours de laquelle la proposition de Crocker d'enregistrer désormais toutes les réunions et les propositions, les remarques des participants, est adoptée. Jusqu'alors en effet, les premières réflexions du NWG n'ont pas donné lieu à des traces écrites (hormis de simples comptes rendus rédigés par Crocker). Au début avril, Steve Crocker décide donc de rédiger une première note de travail, passant en revue tous les aspects techniques du logiciel de communication réglant la connexion entre deux ordinateurs hôtes. Il baptise cette note de travail du nom de RFC (*Request For Comments* : demande de commentaires) pour indiquer qu'il ne s'agit là que d'une proposition, un document de travail appelant remarques, critiques et commentaires. La première RFC est née, datée du 7 avril 1969 et elle est envoyée - par la poste - à tous les membres du NWG. Les RFC joueront un rôle essentiel dans le développement et l'enrichissement constant d'Internet par ses propres acteurs, comme nous le verrons plus loin.

Les travaux de Crocker et son équipe aboutissent dans les délais prévus à la mise au point des premiers protocoles DEL (*Decode-Encode-Language*) et NIL (*Network Interchange Language*). Implémentés sur le serveur de UCLA, ces protocoles comprennent alors la procédure d'entrée pour usage interactif (procédure de type *Telnet*) et la possibilité de copier des fichiers (qui annonce le futur protocole *FTP*). Mais les protocoles créés ne servent qu'à des relations « asymétriques », de type client-serveur. Malgré tous leurs efforts, les jeunes chercheurs du NWG n'ont pas encore trouvé à l'automne 69 un protocole fiable permettant les connexions de serveur à serveur. Aussi, si les résultats du NWG permettent les premières connexions d'ARPANET, ils seront jugés insuffisants par l'IPTO, comme l'atteste en décembre la rencontre avec Larry Roberts à l'Université d'Utah, au cours de laquelle Roberts, devenu Directeur de l'IPTO, considère que l'équipe de programmeurs doit « retourner devant la planche à dessin » pour développer un protocole de communication symétrique entre serveurs. L'invention des protocoles de communication entre ordinateurs est loin d'être achevée.

5.3.2.3.2 Un « groupe-témoin » du réseau

Dès le printemps 1969, le NWG devient un acteur de plus en plus important dans le développement d'ARPANET, comme en témoigne sa croissance, parallèle à la progression des connexions de sites : de cinq membres à l'origine en 1968, le NWG comprendra jusqu'à près de cent chercheurs en 1971. A partir d'avril-mai, le groupe initial a commencé à s'élargir aux autres

sites, dont la connexion au réseau est prévue dans un second temps. Il comprend également les autres acteurs comme BBN et l'ARPA, tenus informés désormais des travaux du groupe par le biais des RFC.

Il serait trop long de retracer ici l'action décisive que le NWG va mener dans ces années 68-70. Produit et producteur du réseau, acteur et intermédiaire, le NWG va devenir tout à la fois le forum, le symbole, « l'expression et l'exprimé » du réseau technique et de l'acteur-réseau qui sous-tend celui-ci. Pour résumer son bilan, il nous semble que le *Network Working Group* a joué dans l'histoire de l'émergence d'ARPANET un rôle majeur au moins sur quatre plans étroitement imbriqués : technique, social, informationnel et organisationnel. Voyons rapidement ces quatre aspects essentiels du bilan du NWG.

Dans le **domaine technique**, le NWG, après ses premiers essais tâtonnants sur les protocoles *DEL* et *NIL*, vite dépassés, élabore en décembre 1970 le premier protocole de serveur à serveur, ***NCP*** (*Network Control Program ou Network Control Protocol),* qui ouvre la voie au futur *TCP / IP* mis au point par Vinton Cerf et Robert Kahn quelques années plus tard. Aussi le NWG peut-il être situé à l'origine de ce fondement technique essentiel d'ARPANET et plus tard de l'Internet : la possibilité, pour des ordinateurs hétérogènes, de communiquer à travers des protocoles de communication universels. Le NWG est également l'inventeur de deux des premières applications d'ARPANET, appelées à un long succès puisqu'elles existent toujours sur Internet : **l'application de connexion à distance *Telnet*** et le **transfert de fichiers**[37].

Au **plan informationnel**, le NWG est le premier forum socio-technique à mettre en place une « *documentation ouverte* » (les RFC), inaugurant un dispositif d'information tout à fait original. S'ajoutant à l'existence du *Network Information Center*, la création de l'outil des RFC confère à ARPANET cette dimension originelle d'un vaste système d'information, d'une « infrastructure informationnelle » qui ne cessera de produire ses propres outils de création, de recherche et de diffusion de l'information. Ayant pendant plusieurs années la responsabilité de l'édition des RFC, le NWG jouera ainsi le rôle d'instance de régulation du débat interne aux acteurs d'ARPANET, de lieu privilégié des échanges et de la publication des normes du réseau élaborées collectivement.

L'aspect social et culturel est tout aussi essentiel : dans la lignée de celles du *time-sharing*, le NWG est l'une de ces premières communautés en ligne, développant les pratiques propres à la

[37] En bref, la procédure Telnet, qui permet de transformer un ordinateur en terminal pouvant se connecter à un autre ordinateur distant, est née à l'automne 69 et constitue le premier type de communication entre UCLA et le SRI. Procédure de connexion assez simple, Telnet est mise au point par les chercheurs du NWG, qui veulent pouvoir montrer un résultat probant à Larry Roberts. Les spécifications définitives du protocole Telnet seront cependant publiées plus tard, en 1970 ou 71, dans la RFC 318. La procédure de transfert de fichiers, qui aboutira au protocole FTP (*File Transfer Protocol*) toujours utilisé, est également élaborée dans le cadre du NWG, durant les années 69-72. Les spécifications définitives de FTP seront publiées par Jon Postel en juillet 1972 (dans la RFC 354).

« culture Internet ». C'est le NWG, notamment, qui symbolise le mieux la culture étudiante au sein des acteurs d'ARPANET, imprégnés des idées libertaires des *sixties.* Nous développerons dans le chapitre suivant cette importante question de la dimension culturelle du processus d'émergence d'ARPANET.

Le quatrième domaine enfin où l'action du NWG peut également apparaître importante est **le domaine organisationnel** : le NWG est la première véritable ébauche spontanée des futures organisations de l'Internet. Né du réseau ou à partir de lui, le NWG est l'exemple même des comités *ad hoc*, qui ne cesseront d'accompagner le développement de l'Internet. A ce titre, il peut être considéré comme le prédécesseur direct de l'INWG *(International Network Working Group*), créé en 1972 et présidé par Vinton Cerf[38].

5.3.3 Un outil d'information, de communication et de structuration du réseau : les RFC

Le rôle des *Request For Comments* dans l'émergence d'ARPANET et, plus tard, dans le développement de l'Internet, a été souligné par tous les historiens. Avant de pointer quelques uns des aspects techniques, sociaux, informationnels et culturels de ce dispositif dans l'histoire d'ARPANET, il est nécessaire de rappeler brièvement en quoi consiste ce système original d'échange d'informations.

Quel est l'objectif initial des RFC ? Le *Network Working Group* est à ces débuts, comme nous l'avons noté, un lieu de débats scientifiques et techniques, d'échanges d'idées, où les réunions se déroulent dans un climat d'effervescence et d'enthousiasme intellectuel. Cet échange ouvert des idées, initié à la toute première réunion du NWG, va se poursuivre dans les RFC, qui ne sont tout d'abord que des notes de réunion. Avec leur première formalisation par Stephen Crocker en avril 69, l'objectif change et s'élargit. Il ne s'agit plus seulement de consigner les comptes rendus des réunions, mais de tenir informés les membres du NWG sur les divers développements et les idées des uns et des autres et de rassembler les réponses des membres du NWG. Cette « demande de commentaires », qui est à l'origine un document de travail permettant de consigner les propositions d'un individu ou d'un groupe pour améliorer le réseau, va ainsi servir assez vite de documentation standard sur les nouvelles applications adoptées

[38] Rappelons que l'INWG, qui n'est pas issu directement du NWG comme pourrait le laisser penser la quasi-homonymie des noms, sera la première organisation internationale de l'Internet chargée, comme le NWG, du développement des protocoles de communication.

5.3.3.1 Un système de « documentation ouverte », à l'opposé des normes de publication scientifique

La RFC n° 3, élaborée au printemps 69 par le responsable du NWG, Stephen Crocker, est particulièrement intéressante à étudier. Intitulée « Conventions de documentation », cette RFC définit et regroupe les règles concernant la production de ces notes. Les RFC sont conçues comme un système de « documentation ouverte » (*open documentation*)[39], organisé selon des règles d'élaboration et de distribution à la fois précises et d'une grande souplesse, qui apparaissent aux antipodes des normes habituelles régissant les publications scientifiques et techniques. Au-delà des règles de publication de l'IST, ce sont d'autres pratiques de la recherche, d'autres valeurs, d'autres modèles qui vont s'exprimer par ce dispositif.

Nous prendrons pour seuls exemples les indications concernant le contenu et les auteurs des RFC, telles qu'elles figurent dans la RFC-3, révisées dans la RFC-10 du 29 juillet.

Le contenu est défini ainsi de la manière suivante par Crocker :

> *« Le contenu d'une note du NWG peut être toute pensée, suggestion, etc, relatives au logiciel de serveur ou à tout autre aspect du réseau. Les notes sont encouragées à être plus pertinentes que brillantes. Des positions philosophiques sans exemples ou autres développements spécifiques, des suggestions ou des réalisations techniques sans introduction ou explications préalables, et des questions explicites sans aucune tentative de réponses sont toutes acceptables. La longueur minimum d'une note du NWG est une phrase. »*[40]

La philosophie sous-jacente à cette conception ouverte du contenu des RFC, initiative peut-être sans précédent dans l'histoire de l'Information Scientifique et Technique, est expliquée par Crocker par les deux raisons suivantes :

- d'abord « *la tendance à voir tout exposé écrit comme une source ipso facto d'autorité* ». Or les membres du NWG veulent promouvoir, avant tout, l'échange et la discussion entre eux plutôt que les idées faisant autorité. Dans cette perspective, les RFC doivent donc être un outil de communication et d'échange à la fois souple et rapide, à mi-chemin de la fixité de l'écrit et de la fluidité de l'oral. D'où ces indications de Crocker sur une « écriture », non point relâchée, mais qui n'obéirait pas forcément aux canons des écrits scientifiques.
- la deuxième raison avancée par Crocker est « *l'hésitation naturelle à publier quelque chose de non fini, et l'espoir de lever cette inhibition.* ». Les RFC sont des *work in progress*, des documents de travail informels, des notes provisoires.

---

[39] HAUBEN, M. et R., *op. cit.*, p. 105

[40] S. CROCKER, *RFC-10. Documentation Conventions*, Network Working Group, 29 juillet 1969, p. 1. Disponible sur : <http://www.rfc-editor.org/rfc.html>

Ce dernier aspect n'est sans doute pas en lui-même une innovation : les scientifiques et les ingénieurs n'ont pas attendu ARPANET pour écrire et s'échanger toutes sortes de traces, de notes, d'écrits non formalisés. La nouveauté vient du caractère collectif et organisé des RFC, outil de communication au service d'une communauté de chercheurs.

Qui sont les auteurs des RFC ? La RFC-3 institue cette autre règle fondamentale de la culture du réseau en émergence : chacun peut s'y exprimer librement.

> *« La documentation du travail du NWG se trouve dans ces notes de la manière suivante : les notes peuvent être produites dans n'importe quel site, par n'importe qui et inclues dans ces séries. »*[41]

Autrement dit, chacun peut participer à l'effort de définition des protocoles et la publication de ces notes de travail est à l'opposé des règles habituelles en vigueur dans la recherche académique (sélection des articles par un comité de lecture, importance du statut officiel des auteurs, etc.). Dans les RFC, les étudiants de deuxième cycle sont à égalité avec les plus prestigieux des professeurs ou avec les docteurs ayant terminé leur PhD.

L'une des raisons invoquées par Crocker pour expliquer son idée révolutionnaire tient au statut d'étudiants des membres du NWG. Ne bénéficiant pas encore de la légitimité scientifique, en proie au doute permanent sur leurs propres compétences et leur professionnalisme, travaillant dans l'urgence, l'excitation et avec un fort sentiment de précarité, les jeunes chercheurs du NWG ont besoin d'un moyen pour faire connaître leurs travaux, sans apparaître comme une instance scientifique pouvant imposer son point de vue. Il explique dans son interview au CBI :

> *« So I used wording such as « these are unofficial and they are just to stimulate conversation, and anybody is able to write down anything, and they have no status. » »* [42]

Les étudiants du NWG vont ainsi trouver dans ce dispositif simple et ouvert à tous un moyen inédit de valoriser leurs réflexions, leurs trouvailles. Les RFC, par leur statut ouvert et non-officiel, sont un « dispositif d'intéressement » particulièrement ingénieux et efficace, permettant à la fois de faire valoir ses propres travaux - notamment face aux « autorités » scientifiques (les professeurs, les responsables de l'ARPA ou de BBN) appelées à les commenter - et « d'intéresser » d'autres chercheurs en les invitant à participer à la recherche collective.

---

[41] *Ibid.*

[42] S. CROCKER, *Interview by Judy O'Neill. 24 October 1991. Glenwood, MD, art. cit.*, p. 7

5.3.3.2 Un « effet de premier ordre » sur la recherche

Les propositions de Crocker, qui deviendront des règles adoptées par toute la « communauté de Netville », vont probablement constituer l'une des clés du succès d'ARPANET. Cette règle d'ouverture maximale permettra la levée de toutes les restrictions pour encourager la poursuite d'un processus collectif et ouvert de recherche. A partir d'avril 69, tout chercheur, membre ou non du NWG, intéressé par les protocoles de communication, peut soumettre ses suggestions, idées, critiques... aux autres membres de la communauté. Et le caractère ouvert, non hiérarchique, décentralisé et informel des RFC va avoir, selon le mot de Crocker lui-même, un « *effet de premier ordre* » sur les recherches et les travaux d'ARPANET. Car en étant accessible à tous, le système des RFC va encourager fortement l'échange d'informations au sein du réseau et permettre la réussite du développement technologique rapide d'ARPANET et d'Internet, symbolisant toute la dimension « d'intelligence collective » et de mutualisation des recherches présente dès l'origine. Les auteurs de RFC vont très vite se multiplier, la quasi-totalité des normes et des spécifications des protocoles seront débattues par ce système d'échanges et les RFC deviendront, en quelques années, la « mémoire technique » collective, vivante et sans cesse négociée de l'ensemble du réseau. Ce partage des informations ne concerne pas que les chercheurs du NWG : dès les premières RFC, Crocker prend bien soin d'envoyer une copie de chaque note à une liste de personnes impliquées dans le projet mais ne faisant pas directement partie du NWG. Les responsables de l'ARPA, de BBN seront ainsi informés régulièrement de l'état des travaux du groupe.

5.3.3.3 Les RFC comme traduction de l'acteur-réseau d'ARPANET : la fonction d'annuaire, de cartographie (partielle) du réseau

Les premières RFC du printemps 69 sont constituées comme des listes de diffusion, dont elles sont une sorte de préfiguration. Chaque nouveau site intéressé, chaque nouveau chercheur participant aux travaux est ajouté à la liste des destinataires. Au plan matériel, les RFC sont d'abord envoyées par les moyens traditionnels de la poste puis, dès qu'il fonctionnera, le réseau lui-même servira de support de communication par le biais des premiers systèmes de messagerie électronique. Par la suite, les RFC deviendront un système de publication autonome, placé sous la responsabilité de Jon Postel, devenu « éditeur » des RFC à UCLA et géré par le *Network Information Center* du SRI.

Ce système de communication interne et de partage des informations constitue donc un précieux indicateur des forces qui composent alors le réseau du NWG. La RFC-10, en date du 29 juillet

1969, nous fournit ainsi d'intéressantes données sur la composition du groupe et sur son réseau de contacts.

Première observation : cette composition paraît assez changeante. Dans la RFC-3, datée d'avril 1969, Crocker indique que le NWG est alors composé des cinq membres suivants : Steve Carr de l'Utah, Jeff Rulifson et Bill Duvall du SRI, Steve Crocker et Gerard Deloche de UCLA.

Comme il est précisé à chaque fois, « *Membership is not closed* » et, de fait, la composition du NWG, donnée trois mois plus tard dans la RFC-10 du 29 juillet, a sensiblement changé. Le NWG (toujours selon Crocker) comprend désormais sept membres, qui ne sont pas tous les mêmes qu'en avril[43]. « *Membership is not closed* »... rappelle encore Crocker.

Ces premières indications données par les premières RFC sur la composition du NWG ne sont pas anecdotiques et nous fournissent deux données intéressantes sur cet acteur d'ARPANET, encore en émergence :

- sa composition est loin d'être stabilisée, pour des raisons que nous ignorons[44];
- le NWG s'est élargi à d'autres acteurs, ceux du « deuxième cercle » d'ARPANET, *i.e.* les organisations faisant partie des quinze autres sites à connecter[45].

Egalement intéressante et instructive est la « *mailing list* », fournie à la fin des RFC. Il s'agit ici des destinataires de la RFC, autrement dit le réseau que commence à constituer alors le NWG[46].

Par la suite, le système de diffusion des RFC va se complexifier au fur et à mesure de l'extension d'ARPANET et de l'augmentation du nombre de sites connectés. Ainsi la RFC-168 du 26 mai 1971[47]est constituée de trois listes différentes de destinataires, correspondant à trois « niveaux » de distribution, *i.e.* à trois types de réseaux desservis par les documents techniques d'ARPANET : il existe ainsi des *Network Liaisons*, des *Network participants* et des *Station*

---

[43] On note ainsi la présence de :
- deux membres « historiques » : Steve Carr et Steve Crocker, présents depuis le début ;
- deux autres représentants du SRI : Elmer Shapiro (à l'initiative du groupe et qui a semblé s'en retirer pendant un temps) et Bill English (le co-inventeur de la souris avec Engelbart) ;
- trois nouveaux membres, qui ne font pas partie des premiers sites d'ARPANET : John Haefner, de la RAND Corporation et deux chercheurs du Lincoln Lab, Paul Rovner et Jim Curry.

[44] Les représentants des sites d'ARPANET participent-ils à tour de rôle au NWG, comme le laisserait croire l'exemple du SRI, ou bien les chercheurs décident-ils seuls ?

[45] Mais pourquoi seulement la RAND Corporation et le Lincoln Lab ?

[46] Voici le résultat d'une rapide comparaison des deux listes de destinataires d'avril et de juillet 1969 :
- une copie de la RFC-3 d'avril est envoyée à six personnes : Bob Kahn (BBN), Larry Roberts (ARPA), Steve Carr (Utah), Jeff Rulifson (SRI), Ron Stoughton (UCSB) et Steve Crocker (UCLA) ;
- la RFC-10 de juillet est envoyée, quant à elle, à neuf personnes : Steve Crocker (UCLA), Ron Stoughton (UCSB), Elmer Shapiro (SRI), Steve Carr (Utah), John Haefner (RAND), Paul Rovner (Lincoln Lab), Bob Kahn (BBN), Larry Roberts (ARPA) et Jerry Cole (SDC).

[47] *RFC 168. Arpa Network Mailing Lists*. 26 May 1971. 7 p.

Agents[48]. Sans pouvoir expliquer ici les raisons de ce triple classement des destinataires des RFC, notons simplement trois observations générales :

- la progression rapide du réseau et du NWG, passant d'une poignée d'étudiants représentant quatre universités en 1969 à un réseau couvrant, deux ans plus tard, presque tous les principaux laboratoires informatiques du pays et poussant déjà ses ramifications hors des frontières ;
- la complexification du système de distribution de la documentation technique, gérée par le *Network Information Center*, documentation représentée essentiellement (mais pas uniquement) par les RFC. Nous retrouvons ici cet étonnant mélange d'informel et de formel, de spontanéité et d'organisation, qui caractérise l'ensemble du processus d'émergence d'ARPANET ;
- le rôle d'annuaire du réseau joué par les RFC, que nous avons évoqué. Une histoire détaillée de la progression du réseau pourrait se fonder sur l'étude attentive de ces « appels à commentaires », qui ne sont pas seulement un forum de discussion technique, mais bel et bien l'outil majeur d'information sécrété par le réseau lui-même.

5.3.3.4 Les RFC comme traduction des valeurs de la « culture Internet »

On ne peut évoquer le rôle des RFC dans l'émergence du réseau sans pointer un dernier aspect essentiel de cet outil d'information et de communication : les valeurs et l'idéologie dont elles sont porteurs, autrement dit leur dimension à la fois « discursive » et culturelle.

Cet aspect a souvent été mis en valeur par différents chercheurs et historiens[49]. Tous insistent sur le modèle de communication égalitaire et ouvert qui s'exprime à travers ce dispositif et qui va donner ses lettres de noblesse aux valeurs, mais aussi aux mythes fondateurs, de l'Internet.

Sans entrer ici dans l'analyse de ces valeurs communicationnelles (que nous présentons plus loin), notons le rapport direct entre les RFC et le contexte de l'époque : celui de la fin des années

---

[48] La première liste, baptisée « liste A » (*Initial Distribution List*), est constituée de tous les *Network Liaisons*, qui reçoivent directement les RFC envoyées par le NIC ou par les autres sites. Il s'agit en quelque sorte du « premier cercle » initial, qui correspond à l'extension de la première liste des neuf destinataires de juillet 69. En 1971, ce « premier cercle » compte 31 personnes, réparties sur environ 25 sites différents (soit beaucoup plus que les 19 sites initiaux d'ARPANET). On y trouve tous les sites connectés alors à ARPANET. Deux autres listes (B et C) complètent la première « liste A » :

- la liste B (*List for Distribution from NIC*) est assez réduite et compte 10 personnes sur 10 sites ; ces *Network participants* ne reçoivent que les documents (RFC et autres) envoyés par le NIC. Les sites mentionnés ne correspondent pas au réseau initial d'ARPANET et comprennent quelques universités et laboratoires étrangers (au Canada et en Angleterre). Il semble qu'il s'agit là d'un « deuxième réseau » de contacts, d'observateurs et de témoins du développement d'ARPANET, auquel ces sites vont sans doute se connecter à terme ;
- quant à la troisième liste (la liste C des *NIC Station Agents*), elle comprend 24 personnes dans 24 sites, qui sont presque les mêmes que les sites de la première liste, c'est-à-dire ceux du réseau ARPANET. Mais les personnes sont différentes et ces *Station Agents* reçoivent une copie, environ chaque semaine, de tous les documents envoyés par le NIC aux deux autres listes.

[49] Voir notamment HAUBEN M. et R., *op. cit.*, p. 106, et surtout V. SERFATY, L'Internet : fragments d'un discours utopique, *Communication et langages*, n° 119

60, époque de protestation populaire pour la liberté de parole, contre la guerre du Vietnam et contre tous les pouvoirs institués en général. Si des considérations politiques ne semblent pas avoir explicitement guidé les pionniers des RFC (comme Steve Crocker), il est difficile de ne pas relever les liens, les résonances entre le caractère démocratique des règles énoncées dans les RFC, le soutien à un processus d'ouverture, le type de communication non hiérarchique et le mouvement général de contestation de tous les pouvoirs.

En inscrivant dans un dispositif technique de documentation, dans des pratiques et des règles de communication un certain nombre de présupposés et de valeurs en plein essor dans la société américaine et surtout le milieu étudiant de l'époque, les acteurs d'ARPANET ne peuvent que décupler la puissance du réseau en voie d'émergence.

Mais il serait réducteur de voir là un simple rapport de cause à effet : les RFC ne sont pas nées à cause du climat et des valeurs de la fin des années 60, elles s'enracinent dans des « lignées de discours », dans des conceptions de la recherche, de la communication et de l'information beaucoup plus anciennes que la contestation des campus américains. Pour l'instant, contentons nous de relever ici cette totale et inédite congruence entre, d'une part la nécessité d'un environnement ouvert pour le développement des nouvelles technologies et la naissance des réseaux et, d'autre part, la vague de fond libertaire et contestataire portée par les étudiants à travers les Etats-Unis. Au-delà de leur fonction strictement documentaire, les RFC sont incontestablement l'un des symboles forts de la « culture technique » de l'Internet, marquée par l'égalitarisme, l'autogestion et la recherche collective de l'efficience.

5.3.4 Premières connexions : la naissance d'ARPANET ?

Les différentes équipes d'ARPANET, mobilisées par les dirigeants de l'IPTO, ont toutes la même échéance : la connexion du premier IMP au serveur de UCLA prévue pour le 1er septembre 1969.

A partir d'avril, les tâches sont désormais clairement fixées pour chaque équipe, comme nous l'avons vu et les spécifications des connexions serveurs-IMP sont bien détaillées dans le document de Robert Kahn (le Rapport BBN 1822). Mais si les missions et les délais sont précis, on ne saurait en déduire que le processus d'innovation d'ARPANET devient subitement rectiligne dans cette « dernière ligne droite ». Pour rendre compte de toute l'incertitude qui continue de peser sur ce processus et qui devient de plus en plus « technique », il faudrait retracer les multiples péripéties, les incidents, les retards, les bogues de toutes sortes qui ont parsemé cette dernière étape.

Pourquoi « plus technique » ? Si, en ce printemps 69, les acteurs humains et organisationnels sont à peu près stabilisés et répartis dans des identités, des rôles et des positions au sein du réseau connus et acceptés de tous, il n'en est pas de même des entités techniques, *i.e.* de ces machines, de ces protocoles, de ces dispositifs d'interface qui ne se laissent pas aussi facilement « intéresser et enrôler ». C'est pourquoi, au fur et à mesure que le processus d'innovation progresse, les incertitudes et les problèmes deviennent, non point plus « techniques », mais plus précis, plus fins dans leur technicité : comment construire les IMP, comment les connecter aux serveurs, avec quel câblage, quelles instructions, etc. La technicité n'étant jamais ici que le résultat, provisoire et complexe, du réseau d'associations reliant toutes les entités, humaines et non-humaines, mobilisées :

> *« Le processus de recrutement et de maintien des alliés induit une complexité croissante de la machine. Plus le compromis est astucieux entre des forces plus hétérogènes, plus la machine doit se sophistiquer et prendre sur elle la tâche redoutable de complaire et de tenir tout le monde. »*[50]

Ne pouvant descendre ici à ce niveau « micro » des actants et des entités techniques, nous renvoyons une fois de plus au récit de Hafner et Lyon, qui suivent pas à pas ces micro-opérations de traduction, restituant par là-même toute l'incertitude du processus d'innovation.

[50] B. LATOUR, *La Science en action : Introduction à la sociologie des sciences, op. cit.,* p. 316

5.3.4.1 Une première connexion obtenue à l'arraché

Les trois équipes les plus concernées par l'échéance du 1er septembre (celle de BBN, le NMC d'UCLA et le NWG) ne sont pas toutes au même point d'avancement.

Au prix d'efforts acharnés et d'un travail intense au cours de l'été et après plusieurs péripéties techniques et humaines, qui auraient pu entraîner d'importants retards, l'équipe de BBN des *IMP Guys* parviendra *in extremis* à tenir ses délais. De leur côté, les étudiants de UCLA du *Network Measurement Center* vont réussir, non sans mal, à construire l'interface spéciale nécessaire à la connexion entre le serveur de l'université, le Sigma-7 et l'IMP, ainsi que le logiciel de communication nécessaire. En revanche, la création de protocoles de communication fiables entre les serveurs semble encore lointaine et les étudiants du NWG vont devoir utiliser des protocoles bricolés à la hâte.

Un micro-événement intéressant peut être relaté ici, illustrant une fois de plus toute l'incertitude de l'innovation. Un allié va soudainement se détacher du réseau, remettant en cause une partie du processus : en effet, l'équipe de UCLA ne pourra compter sur le concours de l'entreprise SDS *(Scientific Data Systems*) - le constructeur du serveur de l'université *Sigma-7* - pour la construction de l'interface matérielle avec l'IMP[51]. Ainsi au début juillet, les étudiants de l'équipe d'UCLA se retrouvent-ils seuls face au *Sigma-7*, ce gros ordinateur peu fiable, difficile à programmer et qu'ils n'aiment pas beaucoup de surcroît. Sous pression, débordés par les multiples tâches qui les occupent[52], les principaux membres de l'équipe d'UCLA ne savent pas trop comment résoudre ce problème difficile. Ce sera un étudiant de second cycle, Mike Wingfield, qui va sortir l'équipe de ce mauvais pas[53]. En suivant à la lettre les instructions données par Robert Kahn, Wingfield réussira sans encombres et en cinq semaines à construire le boîtier d'interface, suscitant l'admiration de Crocker et de ses collègues. L'équipe d'UCLA sera même prête à accueillir l'IMP avec une semaine d'avance. Ainsi la préparation de la première connexion d'ARPANET a-t-elle reposé dans les derniers moments sur les seules épaules d'un jeune étudiant.

De son côté et contrairement à tous les pronostics, l'équipe de BBN parvient à terminer sa mission avec deux jours d'avance. Et le 30 août 1969, alors que les dernières vérifications sur

---

[51] Les délais demandés par l'entreprise dépassent de loin la date fatidique du 1er septembre et les coûts demandés sont prohibitifs (19 000 dollars). Remarquons que cette défection d'un allié important de l'Université s'ajoute à la liste, déjà longue, des réticences de toutes sortes qui caractérisent l'attitude de la plupart des entreprises (hormis BBN), face à ce projet un peu fou de réseau d'ordinateurs.

[52] Crocker, Cerf et Postel travaillent alors en priorité sur les protocoles et sur la mise en place du NMC.

l'IMP 1, livré en retard par Honeywell, n'ont pu être faites par Barker et Ornstein, la première machine s'envole néanmoins de Cambridge pour Los Angeles. Réceptionné la veille de la Fête du Travail (le *Labor Day*) et accueilli à UCLA par toute l'équipe de Kleinrock, extrêmement curieuse de voir enfin cette nouvelle machine de la taille d'un réfrigérateur, l'IMP numéro 1 est aussitôt connecté au Sigma-7 par Ben Barker et Truett Thatch, un technicien de BBN en poste à Los Angeles. Les premiers échanges de messages entre le serveur de UCLA et l'IMP se passent bien : la toute première connexion du premier noeud d'ARPANET a réussi et a même été établie avant l'échéance de l'ARPA !

5.3.4.2 « Naissance » d'un réseau ?

Les trois autres connexions vont se dérouler également dans les délais prévus mais dans des conditions techniques plus favorables, le premier IMP et la première connexion à UCLA ayant « essuyé les plâtres » d'ARPANET.

Ainsi le 1er octobre, le deuxième IMP est livré au SRI et connecté à l'ordinateur-serveur, le SDS-940. Il s'agit d'une machine SDS (*Scientific Data System*) comme à UCLA, mais d'un tout autre type. Tout semble séparer en effet les deux machines des deux premiers sites d'ARPANET : les systèmes d'exploitation[54] comme les applications prévues et la conception (le Sigma 7 est plutôt un ordinateur conçu pour des applications commerciales, tandis que le SDS 940, fonctionnant en *time-sharing*, est un ordinateur dédié à la recherche)[55].

S'il fallait céder à la tentation de déterminer « l'acte de naissance » du réseau, sans doute pourrait-on considérer comme tel l'installation du deuxième IMP au SRI car, durant tout le mois de septembre, ARPANET ne repose que sur un seul noeud et ne constitue pas encore un réseau. Avec la connexion du 1er octobre, le réseau compte désormais deux points reliés par une ligne spécialisée.

---

[53] Brillant spécialiste du *hardware*, Wingfield propose de réaliser cette interface matérielle en moins de six semaines, pour la somme de quatre ou cinq mille dollars. N'ayant pas d'autre choix, le professeur Estrin, responsable du laboratoire d'informatique d'UCLA, accepte sa proposition.

[54] Le système *GENIE* pour le *Sigma-7* et le système *SEX* pour le *SDS 940*, un système d'exploitation en temps partagé construit par des chercheurs de Berkeley et revendu ensuite par SDS.

[55] Il n'est pas jusqu'aux rapports affectifs entre les utilisateurs et leur machine qui distinguent les deux équipes ! On sait que les rapports avec les objets techniques jouent leur rôle dans les processus d'innovation et il n'est sans doute pas indifférent d'observer, comme le notent Hafner et Lyon, la différence de relations avec l'ordinateur entre les équipes d'UCLA et du SRI : « *autant les gens de UCLA détestaient leur Sigma-7* (qui était par ailleurs le seul ordinateur de l'université auquel avaient accès les étudiants de second cycle*), autant ceux du SRI adoraient leur ordinateur hôte, un SDS 940.* » (HAFNER, LYON, *op. cit.*, p. 177)

Pour permettre la communication entre les deux machines, l'un des chercheurs du SRI et membre du NWG, Bill Duvall, a trouvé une solution provisoire mais ingénieuse : puisque la communication directe entre deux serveurs est encore impossible à établir, il s'agit de transformer l'un des deux ordinateurs en un terminal « non intelligent », pouvant seulement interroger à distance l'ordinateur-hôte, c'est-à-dire afficher seulement les informations envoyées. Autrement dit, Duvall va jeter les bases de l'application *Telnet*.

Et dès le début octobre a lieu le premier test de connexion entre UCLA et le SRI. La liaison informatique entre les deux ordinateurs, via les IMP, est doublée d'une liaison téléphonique permettant aux techniciens de se parler. Charles Kline, étudiant de premier cycle à UCLA, tente la première connexion avec un chercheur de l'équipe d'Engelbart au SRI, situé à 600 kilomètres. Après plusieurs essais infructueux, la connexion s'établit et Kline parviendra à exécuter, de Los Angelès, quelques commandes à distance sur l'ordinateur de Menlo Park. La première connexion d'ARPANET s'opère ainsi selon l'application de type *Telnet*, élaborée par Bill Duvall[56].

Les autres connexions vont s'enchaîner selon un scénario désormais au point : livraison et installation de l'IMP par le technicien de BBN et tests de connexion par les chercheurs de l'université. Ainsi le 1er novembre, toujours selon le calendrier prévu, le troisième noeud d'Arpanet est installé par Ben Barker à l'Université de Californie de Santa Barbara (UCSB), par la connexion entre l'IMP 3 et le serveur de l'UCSB, un *IBM 360/75*, utilisant le système d'exploitation *OS/MTV*. ARPANET compte maintenant trois noeuds.

Le 21 novembre à UCLA, a lieu la première connexion « officielle » d'ARPANET et Kleinrock en personne ouvre une session *Telnet* avec le SRI, sous les yeux attentifs de son ami Larry Roberts, venu spécialement de Washington avec Barry Wessler pour voir une démonstration de ce réseau qu'il a « porté » depuis près de deux ans. La session *Telnet* fonctionne cette fois parfaitement, apportant la preuve que le réseau est viable.

---

[56] Cette inauguration d'ARPANET est devenue célèbre aujourd'hui et la double liaison, informatique et téléphonique, entre Kline et son collègue (dont le nom est resté d'ailleurs inconnu) du SRI fait désormais partie du « récit des origines » d'ARPANET, colporté dans d'innombrables textes. Nous ne résistons pas au plaisir de citer Hafner et Lyon, qui racontent en détail cette première connexion « historique » d'ARPANET extrêmement laborieuse. Pour se connecter au SDS 940 du SRI, l'étudiant de UCLA doit « ouvrir une session » et taper le sésame bien connu des informaticiens : *login*, ce qui ne va alors pas de soi :

« La qualité de la liaison n'était pas très bonne, et les deux hommes étaient dans l'ambiance bruyante des salles d'ordinateurs, ce qui n'arrangeait rien. Aussi Kline fut-il obligé de hurler, vraiment de hurler, dans le microphone : « Je vais taper un L ! » Il tapa un L. « Avez-vous eu le L ? demanda-t-il ?

- J'ai eu un 1-4 », répondit le chercheur du SRI ; il lisait l'information codée en octal, c'est-à-dire avec des nombres exprimés en base 8. Lorsque Kline eut fait la conversion, il vit que c'était un L, en effet, qui avait été transmis. Il tapa un O. « Avez-vous eu le O ? » La réponse arriva : « J'ai eu un 1-7. » C'était un O. Kline tapa un G.

« L'ordinateur vient de s'arrêter », dit la voix au bout du fil. » (Ibid., p. 179)

Enfin en décembre a lieu l'installation du dernier noeud à l'Université d'Utah, où le quatrième IMP est connecté à un *PDP-10* de la firme DEC, utilisant le système d'exploitation *TENEX*. La connexion des quatre ordinateurs différents des quatre premiers sites d'ARPANET a été réalisée avec succès et selon le plan établi par Roberts.

A l'occasion de cette quatrième connexion a lieu une importante réunion du *Network Working Group*, regroupant toute l'équipe de BBN, les étudiants du NWG et les responsables de l'IPTO. C'est lors de cette rencontre du NWG avec Larry Roberts à l'Université d'Utah que le responsable de l'IPTO considère que les protocoles de communication sont insuffisants et que l'équipe de programmeurs doit poursuivre les recherches : il s'agira dorénavant de développer un protocole de communication « symétrique » entre serveurs, afin de sortir des communications de type *Telnet* (qui sont des connexions « maître-esclave »).

Ces quatre premières connexions de l'automne 69 sont considérées généralement comme la véritable naissance d'ARPANET, les histoires « officielles » ou les récits des origines affectionnant les dates de naissance aisément repérables. Les premières sessions Telnet entre UCLA et le SRI d'octobre-novembre sont certes capitales dans l'histoire de l'émergence du réseau. Elles traduisent le franchissement d'une étape, celle de la conception et de la construction du réseau et l'ouverture d'une nouvelle, celle de son expérimentation et de son fonctionnement. ARPANET a incontestablement gagné en réalité à partir de cet automne 69.
Pour autant, peut-on dire que le réseau est « né » à ce moment-là ? Nous avons vu, au cours de notre longue exploration de la « préhistoire » d'ARPANET, à quel point la fixation d'une origine unique est un exercice improbable. D'autres dates de naissance peuvent être déterminées[57], témoignant à chaque fois d'une étape cruciale dans ce long processus complexe.
Par ailleurs, si l'on descend en aval de l'histoire d'ARPANET, de multiples traductions vont survenir, transformant chaque fois le réseau émergent et le rendant progressivement irréversible. A l'automne 69, la « boîte noire » d'ARPANET (au sens d'un nouvel objet technique faisant l'objet d'une définition collective stable, dont les spécifications, les composants, les applications... sont solidement établis et partagés par l'ensemble des acteurs concernés) est encore loin d'être refermée.

[57] Par exemple la réunion d'Ann Arbor d'avril 67, ou bien la Conférence de Gatlingburg d'octobre, ou encore le lancement de l'appel d'offres...

Nous verrons dans le chapitre suivant que cette image trop simple de la naissance d'une innovation, fondée sur la métaphore anthropomorphique du processus de conception-gestation-naissance, n'est sans doute pas la plus pertinente pour rendre compte de la complexité de l'émergence des réseaux socio-techniques.

En définitive, cette question de la date de naissance d'ARPANET nous paraît, non seulement un faux problème historique (dans la mesure où aucune date unique ne peut jamais être déterminée) mais l'expression d'une conception « diffusionniste » de l'innovation : fixer une date d'apparition à un objet technique présuppose une nette séparation entre les étapes de la conception, de la réalisation et de la diffusion. Là encore, les concepts et l'approche de la sociologie de la traduction nous paraissent plus féconds pour essayer de penser cette question centrale, qui dépasse de loin le point secondaire de la date de naissance : qu'est-ce qui rend possible l'émergence d'un nouvel objet (ou d'un réseau) technique, à quelles conditions une innovation aussi importante que celle d'ARPANET peut-elle réussir, c'est-à-dire s'inscrire dans la durée, résister aux épreuves du réel et devenir un nouvel acteur, qui courbe et modifie peu à peu le monde autour de lui ?

Il nous faudra revenir ici sur deux notions essentielles théorisées par Michel Callon, que nous avons présentées dans la première partie : les notions de convergence et d'irréversibilisation.

6. VERS L'IRREVERSIBILISATION D'ARPANET : 1969-.... ?

Constitué progressivement par le jeu d'innombrables micro- et macro-opérations de traduction, *i.e.* de définitions d'acteurs, d'attribution de rôles et d'identités, de déplacements, d'associations de tous ordres entre de multiples entités, ARPANET excède sa seule définition technique de réseau d'ordinateurs. Dès 1969, le projet initial de Taylor et Roberts se transforme déjà en un acteur-réseau majeur de la recherche informatique américaine. Nouvelle combinaison hétérogène, composée de plusieurs univers sociaux, techniques, culturels ou scientifiques, un acteur-réseau n'est pas la simple addition de ses composants (à l'instar des systèmes selon la définition qu'en donne la systémique), mais essentiellement une cartographie des interrelations, des interactions entre ses entités (à la différence des systèmes).

Premier point sur lequel il faut insister : ARPANET est (ou devient) un acteur-réseau, dont la particularité principale est d'être fondé sur un réseau technique d'ordinateurs. Nous assimilerons sa part technique, *i.e.* sa dimension de réseau d'ordinateurs, à l'image de la boîte noire, objet principal du processus d'innovation[1].

Deuxième point : en tant qu'acteur-réseau particulièrement complexe, étendu et hétérogène, ARPANET associe différents pôles, connecte différents univers et peut correspondre aux Réseaux-Technico-Economiques, même si les pôles interconnectés (Universités, ARPA, entreprises) ne recouvrent pas exactement ceux de Callon (pôles Scientifique, Technique et Economique). Mais cette notion nous semble particulièrement féconde pour décrire la dynamique d'émergence d'ARPANET dans cette dernière phase de la charnière des années 60-70. Qu'est-ce qui caractérise un Réseau Technico-Economique, selon Michel Callon, ou plus exactement son processus d'émergence et de développement ? Deux notions capitales, présentées dans la première partie : la convergence et l'irréversibilisation. Elles nous serviront à éviter l'utilisation du terme trop commode et peu satisfaisant de « naissance », pour

[1] Pour mieux expliquer cette distinction, nous prendrons un autre exemple d'innovation technique. Le DVD peut être considéré comme une boîte noire, en tant que nouveau support technique intégrant de multiples composants, principes, outils, procédures, contraintes, normes techniques, boîte noire sur laquelle les différents acteurs concernés se sont mis d'accord au terme de longs processus de traduction. Mais ce DVD en tant que boîte noire n'est pas seulement une entité spécifique, il représente aussi un acteur-réseau, associant des entreprises, des laboratoires, des consommateurs, des enjeux économiques, des usages, etc.

qualifier ce moment de l'aboutissement (provisoire) du long processus d'émergence de l'acteur-réseau ARPANET.

6.1 Quel « degré de convergence » de l'acteur-réseau ARPANET ?

Qu'est-ce que la convergence d'un réseau (au sens des RTE) ? Cette notion, définie par Callon, exprime à la fois le degré de cohérence interne du réseau, la plus ou moins grande solidité des liens unissant les différentes entités qui le composent et sa délimitation, ses frontières. Condition nécessaire mais non suffisante de l'irréversibilisation, la convergence des réseaux traduit le processus même de construction, de réalisation, d'émergence du réseau. Elle constitue une sorte de mesure du réseau, mesure exprimée par ce que Callon appelle le « degré de convergence » d'un réseau. Le RTE est-il fortement convergent ou dispersé ? Peut-il être « ramassé » en tous les points du réseau, autrement dit n'importe quel acteur du réseau peut-il disposer, derrière lui, de toute sa force ? Ou bien les liens internes sont-ils relâchés, les traductions incertaines, les controverses mal réglées ?

Nous avons vu que ce degré de convergence est établi à partir de deux dimensions complémentaires, deux caractéristiques : **l'alignement des entités** qui le composent et la **coordination des conventions** qui le régulent. Au regard de ces deux « critères de convergence », comment caractériser l'acteur-réseau émergent à la fin des années 60 ? Autrement dit, quels sont les degrés d'alignement et de coordination d'ARPANET ?

6.1.1 Un degré d'alignement « moyen » pour ARPANET ?

Comment mesurer le degré d'alignement d'un réseau[2] ? Avec quels instruments d'observation, quels outils d'analyse ? Nous touchons là à un problème théorique et méthodologique important : celui de la mise en oeuvre pratique de la sociologie de la traduction dans les études historiques. Les outils actuels de « cartographie conceptuelle » ou

[2] Rappelons que l'alignement désigne une opération réussie de traduction, lorsque trois acteurs au moins partagent le même espace, la même définition. Dans une traduction élémentaire de trois éléments (A, B, C), préalable à la constitution d'un réseau, l'alignement total signifie équivalence totale, isotropie des discours, des définitions : A et B partagent la même définition de C ou de l'intermédiaire I, support de la traduction. Il exprime donc le succès ou la force plus ou moins grande de la traduction et l'on parlera d'alignement du réseau fort ou faible selon le degré d'accord ou de discordance des acteurs alignés dans une même traduction. L'alignement de tous les points d'un réseau est l'une des conditions-clé de sa convergence : il signifie que tous les acteurs, tous les points du réseau, partagent les mêmes définitions sur l'identité et le rôle de chacun.

de scientométrie (de type Leximappe, Sampler) nous seraient-ils ici d'un quelconque secours ? Pourraient-ils nous aider, à partir de l'analyse linguistique d'un vaste corpus de traces et de textes, à mesurer ce degré d'alignement des acteurs ? Et sur quel corpus pourrions-nous nous baser pour mener une telle analyse ? Autant de questions sans réponse, s'ajoutant à la profonde perplexité qui n'a cessé d'accompagner ce travail d'utilisation de la sociologie de la traduction. Si cette notion d'alignement paraît effectivement féconde pour décrire et qualifier la plus ou moins grande force des liens internes d'un acteur-réseau émergent, elle nous semble néanmoins très difficile à mettre en oeuvre. Concernant un processus d'émergence passé, les observations de ce degré d'alignement ne peuvent être, à nos yeux et dans l'état actuel de nos moyens, que très partielles, empiriques et approximatives.

Parler d'alignement des traductions ne revient-il pas à dresser l'état des lieux des controverses internes et de leur clôture ? Autrement dit, le degré d'alignement d'un réseau ne peut-il être considéré comme inversement proportionnel à celui des controverses qui opposent les acteurs de l'innovation ? Plus un réseau est « aligné », moins il est travaillé ou déchiré par les controverses internes et inversement. Celles-ci ont été réglées peu à peu, certains choix techniques l'ont emporté sur d'autres et commencent à se « cristalliser » dans l'objet technique en émergence. Sans doute ce rapport entre le degré d'alignement d'un réseau et la clôture des controverses peut-il paraître évident, voire tautologique : le fait que tous les acteurs d'un réseau partagent désormais les mêmes définitions (notamment de l'objet en construction, dans un processus d'innovation technique) signifie *de facto* la fin des discussions et des disputes sur les propriétés, les identités et les usages de l'objet.

Dans le cas d'ARPANET, on peut observer par exemple que la chaîne des traductions, dont l'IMP est le support, l'intermédiaire voire l'acteur principal, témoigne clairement de l'alignement progressif et assez rapide de tous les acteurs concernés : depuis la suggestion de Wes Clark d'un «*subnetwork* », faite à Roberts en avril 67, jusqu'à la première connexion du premier IMP au serveur de UCLA le 30 août 69, se sont déroulées de nombreuses macro- et micro-opérations de traduction, que nous avons tenté de retracer en partie. Au fil de ces traductions, les controverses, très vives au départ sur la configuration du réseau, se sont peu à peu atténuées, sous l'effet des modifications, des redéfinitions et des ajustements constants de l'objet technique « IMP ». Et cette longue chaîne de traductions a pu aboutir à un accord général au sein du réseau sur ce que doit être cet objet IMP (cf le Rapport de Bob Kahn d'avril 69) et, par là-même, à un alignement quasi-total de tous les acteurs du réseau (sur les spécifications techniques du moins). A la fin 69, l'IMP peut être considéré déjà comme une

nouvelle boîte noire, dont la composition, le fonctionnement et les applications ne sont plus discutés, au moins provisoirement[3].

A l'inverse, nous avons relevé qu'une autre grande chaîne de traductions d'ARPANET, celle des protocoles, paraît encore faiblement alignée en 1969 : désaccords entre BBN et le NWG sur la nature des protocoles de communication (cf la réunion de la Saint-Valentin), retards et difficultés du NWG dans la mise au point des protocoles de serveur à serveur, aspect provisoire et « bricolé » des protocoles NIL et DEL, insastifaction de Larry Roberts à la fin 69 devant les résultats du NWG, poursuite des recherches, etc. Il est donc évident que, sur cette dimension technique essentielle d'ARPANET, les acteurs-actants sont loin d'être stabilisés et de partager une définition commune.

En conclusion, si l'on veut établir le degré d'alignement de l'acteur-réseau ARPANET au début des années 70, en prenant seulement en compte les deux axes techniques essentiels du réseau des IMP et des protocoles - le *hard* et le *soft* pour schématiser -, nous arrivons ainsi à une observation très empirique et approximative d'un alignement d'ensemble *moyen*, ni fort ni faible, fondé sur la différence importante des processus de traduction des IMP et des protocoles.

6.1.2 Un réseau fortement ou faiblement coordonné ?

Les traductions qui se jouent dans un processus d'innovation ne sont pas le produit des seuls rapports de force entre acteurs : elles opèrent dans un tissu plus ou moins serré de normes, de règles, de conventions sociales, de modes de régulation. Et le deuxième indice de convergence d'un Réseau-Technico-Economique est le degré de coordination de ces règles qui assurent et ordonnent à la fois l'identité des acteurs, la paternité des intermédiaires mis en circulation et la codification des traductions admises ou non. Nous avons vu que l'ensemble de ces règles, qui encadrent et régulent un processus de traduction, est appelé par Callon « formes de coordination ». Pour lui, leur fonction essentielle est de « raréfier l'univers des acteurs possibles », par l'organisation des mécanismes d'attribution (à qui revient le mérite de

[3] Accord provisoire car dès 1971, BBN se lancera dans la conception et la construction d'un nouveau prototype de serveur de réseau, le TIP (*Terminal Interface Processor*), qui remplacera assez vite les IMP. Mais en 1970, les livraisons successives des quinze autres IMP par BBN expriment la montée en réalité du réseau et l'accord général, l'alignement, de tous les acteurs sur le support principal du réseau.

cette invention), de représentation (qui représente qui ou quoi ?) et de délimitation (qui ou qu'est-ce qui fait partie ou non du réseau ?). Nous avons vu également que Callon distinguait trois catégories de conventions[4], chacune de ces formes de coordination pouvant être soit de portée générale (s'appliquant à tous comme une loi), soit locales (produites par un réseau particulier comme une règle interne). Le degré plus ou moins élevé de coordination d'un réseau dépendra surtout du nombre, de la force et de l'importance des formes de coordination locales, générées par le réseau lui-même. Un réseau sera ainsi faiblement coordonné s'il s'appuie essentiellement sur des formes de coordination générales, sans y ajouter des règles de coordination « locales ». A l'inverse, un réseau qui ne cesse de se créer ses propres formes de coordination sera dit fortement coordonné. Les nouvelles traductions possibles se raréfiant, le réseau gagne en prévisibilité et augmente par là-même son degré de convergence[5].

Quelles sont les formes de coordination qui encadrent ou accompagnent l'émergence d'ARPANET à la fin des années 60 ? Elles relèvent bien sûr, comme pour tout processus d'innovation, des deux catégories, générale et locale. Mais, d'une manière plus marquée que pour d'autres exemples d'innovations, le réseau socio-technique d'ARPANET se caractérise par la création, le développement et le renforcement constant de nombreuses formes de coordination locales, *i.e.* de règles et de conventions spécifiques, à portée limitée.

Dans le premier domaine des conventions sur l'identité des acteurs, pensons, par exemple, aux formes très particulières des contrats de l'ARPA avec le réseau des chercheurs ou bien à la distinction, faite très tôt, entre le réseau des PI et celui des doctorants. Il s'agit bien ici de savoir quelle est l'identité des acteurs, définie par le premier d'entre eux, l'ARPA/IPTO. Aux conventions habituelles qui régissent les contrats de recherche (formes de coordination générales), les responsables de l'IPTO n'ont cessé d'ajouter leurs propres normes de contrat[6]

---

[4] Tout d'abord, qu'est-ce qui permet à une entité d'être un « acteur », c'est-à-dire de se voir reconnaître la responsabilité ou la possibilité de mettre en circulation des intermédiaires ? Par exemple, qui est autorisé, dans le réseau socio-technique d'ARPANET, à signer des contrats, à recruter d'autres acteurs ou intermédiaires, à publier des articles, etc. Ensuite, quelles conventions permettent d'attribuer la paternité des intermédiaires créés ou mis en circulation dans le réseau ? Toutes les normes de publication des articles, les normes qui régissent le droit d'auteur, la propriété intellectuelle, la brevetabilité peuvent être convoquées ici. Enfin, quelles sont les traductions autorisées et non autorisées ? Quelles sont les règles, les normes qui organisent les mécanismes de représentation, de « désignation des porte-parole », mais aussi de dénonciation de ces représentants ?

[5] L'on pourrait prendre pour exemple extrême de cette notion de coordination d'un réseau le cas des sectes ou de toute organisation fonctionnant selon ses propres règles, c'est-à-dire avant tout selon des formes de coordination entièrement locales. Elles représentent en effet des organisations ou des réseaux extrêmement coordonnés et, par là-même, totalement « prévisibles ».

[6] Voir la section 4.3.4 : « Originalité du management de l'ARPA/IPTO »

leurs propres règles de rapports avec les chercheurs. De même, la définition (si bien nommée !) des « Conventions de documentation », énoncées dans la RFC n° 3 par Steve Crocker, illustre à merveille une forme de coordination locale, totalement spécifique au réseau et portant sur les mécanismes de publication et d'attribution des intermédiaires. On pourrait multiplier les exemples et toute l'histoire de l'émergence d'ARPANET peut être lue comme un long processus d'auto-production d'un ensemble complexe de normes et de règles, plus ou moins explicites et propres au réseau.

En définitive, comment peut-on caractériser ce degré de coordination d'ARPANET dans cette période qui termine notre récit, la charnière 69-70 ? L'ancienneté, la multiplicité et le niveau d'élaboration des formes de coordination locales nous conduiraient à le qualifier d'assez élevé : la plupart des conventions de base qui vont encadrer le développement du réseau sont déjà en place à la fin des années 60 ; tous les acteurs d'ARPANET sont désormais bien définis et identifiés, les mécanismes de production et de circulation des intermédiaires propres au réseau paraissent stabilisés (notamment à travers le dispositif des RFC dont nous avons montré l'importance). Pourquoi dès lors utiliser le conditionnel et faire preuve d'une certaine prudence dans la caractérisation du degré de coordination ? D'une part parce que la suite de l'histoire (que nous ne développerons pas mais qui est assez connue) nous indique que l'acteur-réseau d'ARPANET ne cessera pas, non seulement de s'étendre, mais de sécréter d'autres normes, d'autres formes de coordination locales (comme les règles du courrier électronique qui vont émerger dans les années 70, les formes de régulation des forums, les nouvelles normes techniques adoptées, etc). Le processus d'émergence et de développement d'ARPANET paraît, à cet égard difficile à délimiter avec précision dans le temps.

D'autre part, parce que ces formes de coordination locales sont, dans leur nature même, particulièrement évolutives et souples. ARPANET, dès l'origine, contient en germe tous les ingrédients de son évolution permanente et des multiples transformations qui vont jalonner son histoire jusqu'à nos jours. Les frontières du réseau ne vont pas cesser de bouger, le nombre et la nature des acteurs concernés vont se modifier constamment et les règles du réseau ne cesseront d'évoluer. Il est difficile dès lors de parler d'un degré très fort de coordination pour un réseau dont la mutation permanente est une caractéristique quasi ontologique.

Si un degré élevé de coordination signifie, selon Callon, la raréfaction des traductions et un accroissement de la prévisibilité, il faudrait alors accepter l'hypothèse que « l'acteur-

réseau ARPANET », puis Internet, n'a jamais atteint ce haut degré de coordination (et ne pourra peut-être jamais l'atteindre).

Pour conclure sur ce point des formes de coordination, nous ferons une dernière observation théorique. Il nous semble en effet que cette notion du degré de coordination des Réseaux-Technico-Economiques, s'élevant avec le poids des coordination locales, est à mettre en rapport avec le modèle de l'objet-frontière : ce nouvel objet de l'innovation défini par plusieurs acteurs qui s'entendent pour délimiter autour de lui une frontière vis-à-vis du monde extérieur.

Objet-frontière, alignement fort et formes de coordination locales définissant un certain degré de convergence, les notions sont certes différentes, spécifiques, mais expriment en définitive la même idée : un nouvel objet, une innovation technique, un nouveau réseau se construisent par un jeu complexe d'interactions, par un maillage patiemment tissé de règles et de normes spécifiques, dont le résultat est de produire une nouvelle frontière entre l'intérieur et l'extérieur du réseau ou de l'objet.

6.1.3 Un réseau en voie de forte convergence ?

Maintenant que nous avons esquissé, très empiriquement, des degrés d'alignement et de coordination plutôt « moyens » dans les deux cas, peut-on établir le degré de convergence du réseau, résultant de ces deux indices de l'alignement et de la coordination ?

Rappelons la définition que donne Callon de cet « indice synthétique » de la convergence :

« plus un réseau est aligné et coordonné, et plus les acteurs qui le composent travaillent à une entreprise commune sans être à tout moment contestés en tant qu'acteurs ayant une identité propre. »[7]

Dans un réseau fortement convergent, chaque acteur dispose potentiellement de l'ensemble du réseau[8]; à l'opposé, un réseau faiblement aligné et faiblement coordonné sera dit

[7] M. CALLON, Réseaux technico-économiques et irréversibilités, *op. cit*., p. 216

[8] Par une analogie commode, on peut prendre l'exemple d'un parti de type léniniste où derrière chaque militant se tient tout le parti, ou encore celui d'un corps d'état comme la police qui est derrière chaque policier. Ici la convergence est totale. La comparaison est certes inappropriée au plan théorique, puisqu'il ne s'agit pas véritablement dans ces exemples de réseaux, encore moins de Réseaux-Technico-Economiques, mais bien d'organisations ou d'institutions étatiques. Mais l'analogie, aussi trompeuse soit-elle, peut parfois être éclairante !

« dispersé » et chaque acteur devra déployer d'immenses efforts « *pour se faire reconnaître comme acteur et pour mobiliser le reste du réseau* ».

La situation d'ARPANET, à l'aube de son développement, paraît encore médiane et nous placerons le curseur au milieu de cet axe de la convergence « faible à forte ». Mais ce qui compte sans doute plus qu'un indice de convergence difficile à mesurer, c'est le mouvement, la tendance observée dans le processus d'émergence du réseau. Dans cette optique, la tendance majeure, qui caractérise l'acteur-réseau ARPANET au tout début des années 70, relève incontestablement d'un fort mouvement de convergence des multiples entités du réseau : acteurs humains, organisations, artefacts, discours, normes, valeurs, etc. Tous les composants du réseau concourent vers le même objectif : la mise en place et l'extension de ce réseau d'ordinateurs.

Cette convergence générale va s'accompagner d'une extension du réseau par la connexion des autres sites prévus initialement et par l'adjonction de nouveaux acteurs, dont le rôle dans le réseau sera préalablement bien défini. Et en 1970-1971, le réseau ARPANET va connaître une première stabilisation, une première délimitation de ses frontières. Celles-ci ne cesseront de se déplacer par la suite. Comment décrire ce double mouvement de convergence-extension ?

Parmi les multiples signes de ce mouvement de convergence, nous en avons retenu deux :

- l'extension du réseau technique, par les nouvelles connexions de sites, dessinant les frontières de l'acteur-réseau ARPANET ;
- la convergence, ou plutôt la résonance des discours et des valeurs.

6.1.3.1 Les nouvelles frontières d'ARPANET

Au début 1970, seuls les quatre premiers sites choisis sont connectés au réseau. Mais le plan ARPANET de Larry Roberts a prévu en octobre 1967 l'interconnexion de dix-neuf sites : les quatre universités plus une quinzaine d'organisations[9]. Ce mouvement de connexion technique des sites d'ARPANET est inséparable de l'interconnexion des réseaux socio-techniques patiemment constitués, celle-ci précédant généralement celle-là. Ainsi n'est-il pas étonnant que la première extension d'ARPANET concerne l'entreprise BBN, constructeur du réseau et cinquième site connecté en mars 1970.

Si l'on observe le développement rapide du réseau technique ARPANET, au regard du long processus d'émergence que nous avons suivi depuis les années 50, l'on ne sera guère surpris de retrouver dans ce réseau informatique la plupart des lieux de recherche de l'informatique interactive. La carte d'ARPANET au début des années 70 reflète assez fidèlement le réseau des équipes de recherche et des laboratoires, constitué dès le début des années 60 autour du time-sharing ou plus tard des projets de l'IPTO. Ainsi trouve-t-on en juin 1970 les neuf sites suivants connectés à ARPANET :

- à l'Ouest : aux quatre premiers sites « historiques » (**UCLA, le SRI, l'UCSB, l'Université d'Utah)** se sont ajoutées deux entreprises, déjà rencontrées plusieurs fois : la **RAND Corporation**, impliquée de longue date dans les travaux sur la transmission par paquets avec Paul Baran et qui mène également des recherches sur le graphisme, et la **Systems Development Corporation**, premier partenaire informatique de l'ARPA en 1962 et qui a participé à la première connexion longue distance de 1965.
- à l'Est, ARPANET relie déjà deux des sites historiques du *time-sharing* et de l'informatique interactive : l'entreprise **BBN** et le **MIT**. Il faut y ajouter la prestigieuse Université de **Harvard**, en raison de ses travaux sur le graphisme[10].

Moins d'un an plus tard, en avril 1971, les autres sites initialement prévus sur les quinze du Plan de 1967 sont tous reliés au réseau : les premières frontières d'ARPANET sont tracées et décalquent, de manière presque parfaite, la carte du réseau des *ARPA's Contractors* que Licklider, Sutherland, Taylor et Roberts ont mis en place depuis 1962. Parmi les derniers sites connectés en 1971, on (re) trouve ainsi :

- **le Lincoln Laboratory** à Lexington. Aucune surprise à retrouver ce site historique de la recherche informatique et ce serait plutôt le fait que le Lincoln Lab n'aît pas été connecté plus tôt au réseau qui pourrait être surprenant[11] ;
- **l'Université de Stanford** de Californie[12], qui a lancé un projet de *time-sharing* en 1964 (le *Stanford Project*) sous la houlette de J. McCarthy.

---

[9] En fait, il semble bien que le chiffre de quinze sites (et non dix-neuf) corresponde mieux à la réalité des premières connexions prévues.

[10] Notons le caractère civil de tous ces premiers sites, qui dément une fois de plus la légende du réseau militaire.

[11] Les réticences initiales des *ARPA's Contractors* sont-elles la cause de ce « retard » de connexion ?

[12] Il faut distinguer l'Université de Stanford de son Institut de Recherche, le SRI, où travaille Engelbart ; cette nouvelle connexion témoigne une fois encore de la place capitale, dans l'ensemble du réseau, occupée par le site de Stanford, qui représente à lui seul dès 1971 deux noeuds de connexion sur les quinze d'ARPANET

- **l'Université de l' Illinois** d'Urbana, célèbre pour ses recherches sur les super ordinateurs[13].
- **l'Université de Carnegie Mellon (CMU**), haut-lieu des travaux sur l'intelligence artificielle et le time-sharing. La CMU (*Carnegie Mellon University*) est l'un des tout premiers sites en contrat avec l'ARPA, sous Licklider.

Les deux derniers sites nous sont moins connus et ne figurent peut-être pas dans le réseau initial des ARPA's Contractors. Il s'agit de la **Case Western Reserve University** et du laboratoire de la NASA, le **NASA-AMES**.

Par la suite, un autre site historique du réseau de l'ARPA sera rapidement connecté au réseau : l**'Université de Californie de Berkeley (UCB)**, qui a expérimenté le système de time-sharing en 1965 (le ***Project GENIE*** que nous avons signalé) et qui jouera un rôle majeur dans les années 70 par ses travaux sur le système **UNIX.** Mais il semble que l'Université de Berkeley ne fait pas partie des quinze premiers sites.

Ainsi, dès 1970-71, l'acteur-réseau constitué autour d'ARPANET relie solidement les trois pôles qui composent les RTE de Callon, adaptés à notre objet :

- le pôle Scientifique de la recherche académique, avec les nombreuses universités et laboratoires, qui constituent la majorité des sites (dix sur quinze) ;
- le pôle Militaire, dans lequel nous incluons le site de la NASA, du Lincoln Lab, ainsi que l'ARPA/IPTO, au centre de l'acteur-réseau mais qui, curieusement, ne semble pas immédiatement connecté à ARPANET[14] ;
- le pôle Economique avec les entreprises (BBN, SDC, RAND).

Selon les critères de Callon, ARPANET apparaît comme un réseau long, traversant les trois pôles et s'enracinant fortement dans le pôle Scientifique.

Si les frontières d'ARPANET commencent à se stabiliser en 1971 et si le réseau technique suit fidèlement les contours du réseau social de l'ARPA, celui-ci déborde néanmoins celui-là et il est intéressant d'observer que tous les sites des *ARPA's Contractors* ne sont pas connectés à ARPANET. Il suffit de comparer le schéma de la page suivante (Schéma 5.3 Emergence d'ARPANET. Les dix-sept premiers sites selon les trois pôles : 1969-1971) à

---

[13] Rappelons que c'est dans cette université qu'a été lancé l'important projet de l'ILLIAC IV, financé par l'ARPA/IPTO sous la direction de Sutherland (1964-66).

[14] Nous n'avons pu trouver la date précise à laquelle l'IPTO est connecté à ARPANET, permettant enfin aux responsables de l'agence de se passer des trois terminaux différents, dont nous avons vu le rôle dans la genèse du projet. Détail assez paradoxal de l'histoire d'ARPANET.

ceux représentant le réseau des ARPA's Contractors sous Licklider, Sutherland et Taylor[15]. Ainsi peut-on remarquer, parmi les absents notoires, l'Université de Washington à Saint-Louis, siège du projet du *Macro-Module* soutenu par Sutherland et dirigé par le vétéran de l'informatique Wes Clark, qui a refusé dès le départ de connecter son laboratoire au réseau. De même, l'Université du Michigan ne figure pas dans le réseau technique ARPANET : faut-il voir là une lointaine conséquence de l'annulation du contrat de recherche en 1965 par Taylor[16] ?

Dans une perspective de longue durée (même relative), l'extension technique d'ARPANET, au début des années 70, traduit bien la convergence des réseaux socio-techniques de l'informatique interactive, constitués depuis 1962 autour de l'ARPA/IPTO.
Après le schéma offrant une représentation des premiers sites d'ARPANET selon leur appartenance à l'un ou l'autre des trois pôles de référence (Scientifique, Armée, Entreprise), il nous a semblé utile de fournir la véritable topographie du réseau, grâce à l'une des premières cartes historiques d'ARPANET, disponible sur le web[17].

---

[15] Schémas :
- 3.4 La filière ARPA/IPTO : Licklider 1962-1964,
- 3.5 La filière ARPA/IPTO : Sutherland 1964-1966,
- 3.6 La filière ARPA/IPTO : Taylor 1966-1968

[16] Voir la section 4.3.3.2 : « La politique ambitieuse de Taylor »

[17] M. DODGE, *An Atlas of Cyberspaces. Historical Maps of ARPANET and the Internet*, [en ligne], 2000.
Disponible sur WWW : <http://www.cybergeography.org/atlas/historical.html>
Carte de 1971 : Sources : "Casting the Net", page 64; CCR, page 93

Schéma 5.3 Emergence d'ARPANET. Les dix-sept premiers sites selon les trois pôles : 1969-1971

Schéma 5.4 Emergence d'ARPANET. Les dix-sept premiers sites en 1971

6.1.3.2 La convergence-résonance des discours

Une autre convergence, plus difficile à établir et impossible à dater, doit également être relevée dans ces années-clé de la naissance d'ARPANET : celle des discours, des représentations, des valeurs qui accompagnent toujours une innovation. L'importance de la dimension « idéologique » ou discursive dans l'émergence d'ARPANET et dans l'essor d'Internet a souvent été relevée et analysée[18], mais cette dimension déborde le cadre de notre travail.

Il nous semble d'ailleurs qu'une histoire, ou une « archéologie » des discours et de l'imaginaire technique d'Internet reste à entreprendre, qui nécessiterait notamment une analyse approfondie du contenu tant idéologique que technique d'un certain nombre de textes et de discours de cette époque. La démarche d'analyse à mettre en oeuvre gagnerait à s'inspirer de celle prônée par Michel Foucault dans « L'Archéologie du savoir », cherchant à « *établir la régularité des énoncés* », à « *mettre à jour la régularité d'une pratique discursive* ». Plutôt que de rechercher à tout prix une origine unique des discours d'accompagnement d'ARPANET, ou au lieu d'établir des filiations d'idées (depuis la cybernétique jusqu'aux valeurs défendues par les acteurs du réseau), il faudrait pouvoir examiner comment les énoncés, les discours, les idées, les thèmes sont apparus à un moment donné, étudier leur régularité, leurs rapports, leur mise en réseau, etc.

Notre propos est plus modeste et la convergence dont il est ici question est à prendre au sens général du terme et non point selon le répertoire théorique précis de la sociologie de la traduction, défini par Callon. Il nous paraît en effet difficile de parler des discours d'accompagnement de l'innovation en termes d'alignement ou de coordination. Pour pouvoir mesurer le « degré d'alignement ou de coordination » de ces discours, un énorme travail de computation serait nécessaire ; il faudrait pouvoir traiter ces vastes corpus de textes au moyen d'outils scientométriques, pour tenter d'y repérer les lignes de force, les énoncés majeurs, les occurrences d'idées. Nous en resterons à la perspective plus limitée et plus classique d'une simple observation, là encore empirique, d'un certain nombre de points nodaux, de quelques résonances (terme qui nous paraît plus approprié que celui de convergence) surgissant dans les discours d'accompagnement ou de légitimation d'ARPANET.

---

[18] Voir notamment V. SERFATY, L'Internet : fragments d'un discours utopique. *Communication et langages*, n° 119, p. 106-117 ; J. KING, R. GRINTER, J. PICKERING, Grandeur et décadence d'Arpanet. La saga de Netville, cité champignon du cyberspace. *Réseaux*, n° 77, mai-juin 1996. p. 9-35

De quoi sont composés ces discours ? Au risque de réduire et de simplifier l'ensemble hétérogène des énoncés et des discours qui accompagnent l'émergence d'ARPANET, il est possible d'y dégager deux grandes lignes de force, deux thèmes centraux qui se déclinent et se diversifient sous de multiples aspects : d'une part **le primat de la libre circulation de l'information au sein d'un modèle de communication horizontale**, d'autre part **la recherche constante de l'efficacité maximale, de l'excellence technologique**.

L'on peut avancer l'hypothèse que ces deux grandes thématiques, qui n'ont en soi rien d'original dans la culture américaine, vont « structurer » véritablement tout l'appareillage des discours, des valeurs et des utopies nées autour d'ARPANET : culture du partage, gratuité, universalité, liberté totale d'expression, transparence de la communication, culte de l'excellence, souci de l'organisation, etc. Tous ces thèmes dits fondateurs sont aujourd'hui bien connus, tant ils imprègnent les représentations historiques courantes des origines.

Mais ce qui nous intéresse ici, ce n'est point l'origine de ces discours (la cybernétique ? l'utopie américaine ?), ni leur impact réel ou supposé dans l'émergence du réseau (est-ce qu'ils « sous-tendent » et expliquent la naissance du réseau, comme le défend Viviane Serfaty[19] ?), ni même leur statut de discours (s'agit-il d'utopie technique, de « discours d'accompagnement », d'« imaginaire technologique » ?), mais plutôt leur mise en réseau, leur agrégation, leur convergence participant, selon nous, de l'interconnexion généralisée des multiples réseaux d'ARPANET.

Une observation, même superficielle, des principaux éléments constituant la thématique générale d'ARPANET nous montre en effet différentes relations entre plusieurs types de « discours » et de représentations spécifiques.

On peut ainsi déceler assez schématiquement deux phénomènes de résonance de ces thématiques :

- **la résonance des discours de l'informatique interactive et de la contestation étudiante autour du thème de la « transparence communicationnelle »** (pour simplifier ce vaste ensemble) ;

---

[19] « *On peut poser l'hypothèse que l'élaboration d'un protocole de transmission de données universel est sous-tendue par une idéologie qui est celle de la communication transparente* », in V. SERFATY, *art. cit.*, p. 111

- la convergence entre les idées de Licklider sur l'excellence, celles d'Engelbart sur l'efficacité, le type de management de l'IPTO et les valeurs de « méritocratie » propagées dès la naissance du réseau.

6.1.3.2.1 La résonance « time-sharing / contestation étudiante »

Qu'entendons-nous par ce raccourci simplificateur ?

Nous voulons souligner par là l'étonnante alchimie qui s'opère entre les thèmes et les idées du time-sharing et, au-delà, de l'informatique interactive et les valeurs libertaires ou égalitaires des étudiants des campus de la fin des années 60

De nombreux éléments de ces « discours » différents, inscrits chacun dans une histoire, un contexte, un réseau d'acteurs, de textes et d'objets techniques spécifiques, paraissent entrer en résonance, se renforçer mutuellement et tisser un entrelacs serré de valeurs, de références, de rêves, de pratiques, qui vont composer une part essentielle de la dimension idéologique et sociale de la communauté de Netville.

Ainsi les idées prémonitoires de Licklider sur les « communautés en ligne » et les réseaux, les objectifs et les valeurs du « Project MAC » sur le partage des ressources, les accès multiples aux ordinateurs, l'échange entre chercheurs, l'amélioration du travail collectif de la recherche les « *effets régénératifs* » selon l'expression de Licklider[20]), en bref toute la thématique née au début des années 60, inspirée par la cybernétique, incarnée dans le *time-sharing* et réaffirmée fortement dans le texte de 1968 de Licklider et Taylor (« *Computer as a Communication Device* ») va rencontrer une amplification et une résonance inattendues dans le nouveau climat de la fin de la décennie.

En effet, dans le contexte dominé par l'opposition des étudiants à la guerre du Vietnam, le mouvement hippie ou la contestation des pouvoirs établis, les discours tenus par les différents protagonistes de la naissance d'ARPANET et au premier plan par les jeunes chercheurs regroupés dans le NWG, s'articulent autour des notions assez voisines de gratuité du réseau, de libre accès, de liberté totale d'expression. L'exemple des RFC est assez probant sur ce point.

On ne saurait voir d'influence directe, ni même de lien historique entre ces deux ensembles de « discours », dont les conditions d'énonciation sont différentes. Si les cadres d'ARPANET (*i.e.* les responsables de l'IPTO, une partie des professeurs et des ARPA's Contractors) ont

[20] Voir le chapitre 5.2.7 : « La communication par ordinateur... »

été fortement marqués par les thèses de Licklider sur les réseaux et ont participé, plus ou moins activement, à l'émergence du time-sharing et au mouvement des « communautés en ligne » du début des années 60, il n'en est pas de même pour les jeunes doctorants de la « deuxième génération » d'ARPANET. Rien ne certifie par exemple que les Crocker, Cerf, Shapiro, Postel, les *IMP's Guys* de BBN et tous les jeunes chercheurs du NWG, fer de lance d'ARPANET, aient lu les textes fondateurs de l'informatique interactive[21]et qu'ils aient partagé les rêves et les projets de Licklider, Fano et Engelbart. Même s'ils connaissent vraisemblablement ces inspirateurs, ils ne semblent pas s'en réclamer aussi explicitement que Taylor ou Roberts.

Ce qui nous importe ici n'est d'ailleurs pas la recherche des influences et la « procession des idées », dénoncée par Foucault, mais plutôt l'observation d'une certaine régularité dans les énoncés (comme l'affirmation régulière de la nécessité du partage des ressources et de l'information), la récurrence de certains thèmes (comme celui de l'accessibilité à l'ordinateur), la prégnance d'idées s'incarnant selon des modalités d'énonciation différentes.

Sans doute le principal trait d'union est-il à chercher ici dans la notion-valise de communication et dans le rêve cybernétique de circulation transparente de l'information. Mais du constat de cette convergence des idées de transparence communicationnelle à la recherche d'une causalité du réseau dans ces mêmes idées, il y a un pas que nous nous refuserons de franchir.

6.1.3.2.2 La convergence des discours sur la « quête de l'excellence »

L'interactivité, la segmentation des compétences comme celle des problèmes, l'importance accordée aux interfaces hommes-machines, une conception systémique des rapports hommes-techniques, la quête obsessionnelle de l'efficacité, de l'excellence technique : autant d'éléments qui traversent, sous des formes diverses, de nombreux discours et pratiques des acteurs d'ARPANET, comme nous l'avons vu plusieurs fois dans les discours de Licklider, d'Engelbart ou dans le fonctionnement de l'IPTO.

Les éléments du « discours de l'efficacité » (dénomination commode pour désigner un ensemble diversifié de textes et de discours) paraissent converger et s'incarner dans les pratiques, les conceptions, les idées des acteurs d'ARPANET des années 68-70 et notamment

---

[21] Sauf sans doute celui de 1968 de Licklider-Taylor.

dans le mode de direction du projet par l'IPTO, que nous avons longuement examiné. Ainsi la souplesse de gestion de l'IPTO, la définition volontairement imprécise des objectifs de recherche[22], le « découpage en couches » des tâches à exécuter, tous ces éléments du mode de management de l'ARPA/IPTO font écho aux conceptions de Licklider sur le management de la recherche scientifique et au développement qu'il préconise pour les projets de time-sharing au début des années 60 ou pour les communautés en ligne en 1968 (processus interactifs, aux objectifs ouverts, fondés sur l'autonomie des acteurs, etc.). Mais tous ces aspects ne caractérisent pas seulement le mode de management de l'ARPA/IPTO : ils vont se trouver démultipliés au moment de la naissance d'ARPANET, comme le démontre le fonctionnement du NWG, de BBN et des différentes équipes du projet. L'une des forces de ce « discours de l'efficacité », développé dans le réseau des ARPA's Contractors, tient sans nul doute à sa diffusion spontanée, à ses multiples actualisations au sein des diverses équipes mobilisées autour d'ARPANET. Tout se passe comme si le type de fonctionnement incarné par l'IPTO se propageait de lui-même ou était repris et adapté par les autres acteurs[23].
Là encore, contentons-nous de relever assez grossièrement les convergences, les régularités, les liens entre des ensembles d'énoncés et de pratiques différents, spécifiques, sans chercher de précession ni d'influences[24].

Pour en finir avec ce point capital des discours, des valeurs et des pratiques, liés à la « quête de l'efficience » dans l'histoire d'ARPANET, qui demanderait des développements beaucoup plus importants, nous citerons une phrase célèbre devenue la devise de l' IETF (*Internet Engineering Task Force)*, l'une des principales organisations techniques de l'Internet), devise qui résume à sa manière ce curieux mélange des inspirations diverses des acteurs d'ARPANET : *« We reject kings, presidents and voting. We believe in rough consensus and running code »* (Nous rejetons rois, présidents et démocratie. Nous croyons au consensus approximatif

[22] Comme les missions assignées par l'IPTO à ses contractants, sur les protocoles par exemple.

[23] Rappelons par exemple l'organisation interne mise en place chez BBN pour construire les IMP, la répartition des tâches au sein du NWG, etc. La même combinaison de souplesse et de dirigisme est à l'oeuvre.

[24] Un axe de recherche pourrait se constituer à partir d'une étude approfondie des modes et pratiques de management et de fonctionnement des organisations concernées par l'émergence d'ARPANET, étude à entrecroiser avec les théories du management alors en vigueur aux Etats-Unis. Par exemple, en quoi le fonctionnement très particulier de l'ARPA/IPTO est-il redevable (ou au contraire créditeur) des modèles managériaux ?

et aux programmes qui tournent[25]. Au-delà de la conception quelque peu inquiétante (ou provocatrice ?) de la démocratie qu'elle sous-entend, cette maxime des acteurs d'Internet laisse deviner quelques unes des valeurs fondatrices du réseau des réseaux :

- **la négation des hiérarchies**, au profit d'un présupposé égalitariste et d'une « méritocratie informelle » (le pouvoir ou plus exactement les responsabilités étant accordées aux acteurs selon leur seule compétence technique, acteurs élevés au rang de « gourous »[26]).

- **le rejet des procédures traditionnelles de représentation** (le vote démocratique) au profit d'un fonctionnement de type auto-gestionnaire, fondé sur l'interaction et la discussion collective, devant faire émerger un « consensus approximatif ». Le mode de fonctionnement des groupes de travail est une bonne illustration de ce principe.

- **la croyance dans la supériorité technologique comme valeur première**, partagée par tous les acteurs : les finalités du réseau ne sont jamais vraiment posées, l'essentiel étant de montrer que « ça marche ». Cette recherche de la supériorité ou de l'excellence technique, au fondement des missions de l'ARPA (« mettre les Etats-Unis à l'abri de toute surprise technologique »), n'est pas une grande nouveauté en elle-même, tant elle incarne un trait essentiel de la société et de la culture américaines.

---

[25] M. ELIE, Aux sources du Net, *Le Monde, Supplément Télévision-Radio-Multimédia*, 2-3 février 1997, p. 35

[26] Voir KING et LESTER, p. 18

6.2 Retour sur les conditions de l'irréversibilisation des réseaux

Une étude socio-historique sur ARPANET utilisant les notions de la sociologie de la traduction se doit de poser la question de l'irréversibilité de l'objet étudié[27]. L'irréversibilité n'est pas une propriété indépendante, mais une « *caractéristique relationnelle qui ne s'actualise que dans l'épreuve* » et il n'y a pas d'irréversibilité absolue, les éléments d'un réseau socio-technique pouvant toujours, à un moment ou un autre, s'échapper, se dissocier.

6.2.1 Multiplicité des interrelations, prédétermination par apprentissage

L'impossibilité du retour en arrière est dûe à deux qualités, **la durabilité et la robustesse des intermédiaires**, qui ne se mesurent que dans des épreuves. Un système, un objet technique sont donc définis comme irréversibles, lorsqu'il devient difficile de modifier un élément, une traduction sans modifier tout le réseau.

Est-il possible de situer le moment où la construction du réseau socio-technique ARPANET a empêché tout retour en arrière, *i.e.* le moment d'un « effet de système » plus important que tous les autres ? Si l'on prend en compte la richesse, le nombre, l'hétérogénéité, la densité des entités (acteurs et intermédiaires) et des relations entre ces entités qui composent ARPANET, il semble bien que l'année 1969-70 marque une étape capitale dans cette imbrication générale des acteurs et actants d'ARPANET. Le phénomène « boule de neige » d'ARPANET commence vraiment à prendre consistance vers la fin 69, avec les premières connexions des universités.

La deuxième condition de l'irréversibilité concerne la prédétermination, *i.e.* l'orientation contraignante donnée aux futures opérations de traduction. L'histoire d'ARPANET montre une série d'enchaînements de ce type (comme les mécanismes d'interdépendance qui relient un travailleur et le dispositif technique sur lequel il travaille), mais tellement nombreux, discontinus et suivant des rythmes différents[28], qu'il paraît impossible de dater avec précision

---

[27] Rappelons comment se caractérise cette notion chez Callon-Latour. Deux conditions sont à remplir pour rendre irréversible une traduction : l'impossibilité créée de revenir à une situation antérieure, où la traduction n'était qu'une option parmi d'autres, la prédétermination des traductions à venir (voir la section 2.3.2.6 : « La question de l'irréversibilité »)

[28]Par exemple les spécifications de l'IMP qui « contraignent » fortement l'équipe BBN n'interviennent pas au même moment que la définition des protocoles.

le moment-clé où le processus de traduction devient vraiment irréversible par « pré-détermination ». Ainsi avons-nous remarqué que les protocoles sont loin d'être stabilisés à la fin 69.

6.2.2 Renforcement de la normalisation

Nous avons vu qu'un troisième facteur intervient pour caractériser l'irréversibilisation, qui nous aidera peut-être davantage dans notre entreprise de « fixer » ce phénomène pour ARPANET. En effet, pour Callon, l'irréversibilisation de la traduction est mesurée et accompagnée par un phénomène plus fondamental : **la normalisation des comportements**. Rendre irréversible une innovation technique, c'est rendre prévisibles des comportements, des enchaînements, c'est normaliser la circulation des informations. Il est donc possible de mesurer le degré d'irréversibilité d'un processus de traduction par l'importance du nombre et de la quantification des standards et des normes, de leur précision, etc. A ce titre, les années 1968 et 69 nous semblent caractéristiques de ce phénomène de normalisation[29] et à la fin 69, les normes fondamentales de tous ordres (technique, social, informationnel), qui vont enserrer ARPANET et ses acteurs et pré-déterminer la suite de son développement, sont déjà apparues, témoignant par là que le réseau émergent est en passe de devenir « irréversible » au sens donné par la sociologie de la traduction[30].

6.2.2.1 L'intense travail collectif de définition des diverses entités du réseau

Ces deux années très riches sont dominées par un intense et profond travail de définition des multiples entités qui doivent composer le réseau. Quelles spécifications techniques pour les matériels, les IMP ? Quels protocoles de communication entre serveurs ? Qui doit mesurer les flux d'information ? Qui est chargé de l'organisation des ressources ? Quelles pratiques d'échange les acteurs vont-ils développer sur ce réseau naissant ? Avec quels outils ? Il aurait fallu pouvoir retracer les nombreux processus de traduction, de négociation, de controverse,

---

[29]Rappelons que c'est à cette époque qu'apparaissent les premières spécifications techniques d'ARPANET, les premiers paramètres des IMP, les premiers protocoles (DEL et NIL) même s'ils sont loin d'être définitifs, les premières RFC, sortes de normes de communication et d'échange.

[30] Cela étant, d'autres moments pourraient également être retenus comme signes de cette irréversibilité : ainsi la fameuse conférence d'octobre 1972, première Conférence Internationale sur les Communications Informatiques (*ICCC* : *International Computer Communication Conference*) à Washington, au cours de laquelle Robert Kahn réussit brillamment la première présentation publique d'ARPANET, dont le développement va connaître un nouvel essor. Ou bien la mise au point en 1974 du protocole TCP/IP par Vinton Cerf et Robert Kahn.

qui accompagnent chaque élément du puzzle. A la fin 1969, beaucoup de choses restent à construire, à définir, avant de refermer le couvercle de la « boîte noire » et la normalisation de certaines entités va se poursuivre encore longtemps, comme le montre l'exemple des protocoles de communication. Mais les bases du réseau sont établies et permettront les travaux ultérieurs.

On sait que le paradoxe majeur d'Internet est son caractère perpétuellement ouvert, évolutif, négociable, auto-organisé. Et il est assez vain de prétendre fixer le moment de la « fermeture » d'un tel « objet ». D'abord parce que, dans une perspective historique de (relative) longue durée, depuis 1969 jusqu'à aujourd'hui, la « boîte noire » d'ARPANET[31], en tant que matrice du futur Internet, sera toujours entrouverte, le réseau des réseaux ne cessant de se transformer et d'évoluer. Mais surtout la notion de boîte noire, utilisée pour désigner le stade ultime de la clôture des controverses, enfouies désormais dans la technicité de l'objet (ou de l'énoncé scientifique), peut s'avérer trop « massive » (ou réductrice) pour caractériser une innovation telle que celle des réseaux informatiques. Une boîte noire, objet technique socialement construit, en contient toujours des dizaines d'autres et il est quelque peu illusoire de vouloir figer une réalité sociotechnique aussi complexe qu'ARPANET dans une seule construction qui engloberait toutes les autres. Le réseau en émergence sera un empilement de dispositifs techniques, enchevêtrés les uns les autres, toujours enchâssés dans des réseaux sociaux et objets de controverses ou débats. Comment définir dès lors la « boîte noire des boîtes noires » d'ARPANET et, plus tard d'Internet ? Plutôt que de parler de l'improbable fermeture d'une insaisissable boîte noire, il nous semble en revanche possible d'avancer l'hypothèse que les fondements de la mutabilité future et permanente du réseau sont bel et bien posés dès la fin de la décennie des années 60. Par ses modes de fonctionnement, ses principes d'ouverture, par l'élaboration délibérément collective des nombreux dispositifs techniques, ARPANET laisse la voie ouverte, dès sa naissance, aux transformations à venir.

Autrement dit, la réversibilité du réseau est devenue irréversible.

[31] Même si le réseau ARPANET lui-même sera définitivement fermé par la DARPA en 1989.

CONCLUSION

7. LEÇONS ET QUESTIONS EN SUSPENS SUR CETTE HISTOIRE D'ARPANET

Au terme de ce long récit, quelles leçons peut-on tirer de cette histoire d'ARPANET ? Quels problèmes pose cette tentative d'utilisation de la sociologie de la traduction à l'histoire des infrastructures informationnelles ? Quelles remarques (auto)-critiques pouvons-nous faire sur notre propre démarche ? Avons-nous réussi notre pari ?

Cette dernière partie tentera, sinon de répondre à ces trois questions, du moins de les poser dans toute leur complexité, afin de reprendre notre réflexion initiale sur l'histoire des systèmes d'information. Nous avons posé en effet en première partie, une question centrale, difficile, qu'il nous faut maintenant remettre sur le métier : comment faire l'histoire de ce type « d'infrastructure informationnelle », comment écrire une histoire se voulant « processuelle » et concernant un objet aussi vaste que l'émergence du premier réseau informatique ?

En préalable, rappelons quelques évidences : l'histoire qui a été présentée ici n'est, bien entendu, ni toute l'histoire, ni la seule possible, encore moins la véritable histoire de l'ancêtre d'Internet.

Elle n'est en aucun cas une histoire totale, qui reste une illusion. L'histoire étant toujours découpage du réel, choix d'une intrigue, construction d'un récit, celle que nous avons élaborée ici, en dépit de ses apparences d'exhaustivité, ne prétend n'être rien d'autre qu'une lecture sélective, partielle, d'un phénomène historique de très grande ampleur échappant, par ses dimensions, à toute «totalisation». Nous n'avons donné à voir qu'une partie d'un processus d'innovation protéiforme.

Notre récit n'est également, faut-il le rappeler, qu'une certaine histoire parmi beaucoup d'autres possibles. De multiples «points de vue» autorisent toutes sortes d'histoires sur l'émergence d'ARPANET, même s'ils traduisent des découpages pré-établis et, somme toute, assez classiques : histoires technique, militaire, économique, culturelle, sociale, politique, etc. Aussi traditionnels et limités soient-ils (au plan épistémologique du moins), ces points de vue particuliers peuvent constituer des récits et des histoires d'une grande richesse.

Nous pensons notamment à l'intérêt d'une histoire technique des réseaux, qui entreprendrait, du point de vue des outils et des machines, la longue reconstitution des évolutions internes de l'ordinateur. Une histoire technique d'Internet aurait ainsi à plonger au coeur de l'histoire de l'informatique, dont elle constitue une branche essentielle, mais aussi dans la longue histoire des techniques de communication à distance. Double perspective qui s'enrichit d'une troisième : celle des outils du savoir et de l'information, « lignée technico-documentaire » à laquelle Internet se rattache avec les premiers systèmes hypertextes d'Engelbart jusqu'aux moteurs de recherche d'aujourd'hui. Placée à l'intersection de ces trois lignées historiques de longue durée, l'histoire technique des techniques d'Internet pourrait s'avérer des plus pertinentes et des plus fécondes. Elle trouverait sans doute sa pleine légitimation et serait d'un immense intérêt, si elle pouvait remettre en perspective les différents processus et principes techniques à l'oeuvre selon les concepts élaborés par Gilbert Simondon. Si le « processus de concrétisation » de l'ordinateur en réseau, *i.e.* la tendance à la cohérence interne de ses fonctions, à l'intégration de ses interfaces, pouvait être décrit et analysé avec autant de rigueur et de minutie que l'est celui du moteur à explosion sous le scalpel de Simondon, la compréhension et la connaissance d'Internet feraient un grand pas.

Mais une telle histoire, dont le pré-requis est une double connaissance approfondie, tant de la philosophie des techniques que de l'informatique et des télécommunications, excède de loin nos capacités et notre projet fut tout autre.

Enfin, au risque de paraître trivial, on aura compris qu'en aucun cas, nous n'avons cherché à construire la « véritable » histoire d'ARPANET : la recherche de la vérité ou des causes

ultimes et définitives est étrangère à notre démarche et si nous plaidons pour un attachement rigoureux à la vérification des faits rapportés (meilleure garantie contre tous les révisionnismes), notre objectif fut de bâtir une histoire véridique plus que véritable.

7.1 Cinq leçons sur cette «intrigue» de l'émergence d'ARPANET

Ces précautions faites, quelles leçons, quel bilan peuvent être tirés de cette histoire-là, quels nouveaux éléments d'intelligibilité peut-on extraire de cette description des acteurs, des réseaux et des processus liés à l'émergence du premier réseau d'ordinateurs ?

Nous avons distingué au moins cinq leçons, qui nous permettront de revenir sur cinq questions-clé de l'histoire des innovations techniques :

- l'émergence d'ARPANET ne peut être rabattue sur une ni plusieurs causes, ce qui pose de nouveau **la question centrale de la causalité historique** ;
- si le processus d'innovation est éminemment collectif, comme toute innovation technique, le rôle des individus n'en est pas moins décisif et il faut peut-être réexaminer **la question de l'articulation entre le collectif et l'individuel** ;
- **ARPANET entre programmation et incertitude** : tout le processus d'émergence oscille constamment entre les deux pôles de la programmation et de l'incertain, entre la planification et le hasard et la question de la nature ambivalente des processus d'innovation nous paraît importante ;
- **ARPANET entre la logique des techniques et la logique des associations d'acteurs** : jusqu'à quel point intervient le poids interne, la « tendance technique » dans les processus d'innovation ? L'exemple de la transmission par paquets nous fait-il revenir au déterminisme technique ?
- **ARPANET et l'américanité** : le premier réseau est-il spécifiquement américain ? quelle est la part des déterminismes culturels dans l'innovation ?

En passant en revue chacune de ces questions, nous essayerons de revenir de manière critique sur notre démarche.

7.1.1 L'illusoire recherche de causalité

Après cette description des différents processus ayant conduit à la naissance du premier résau d'ordinateurs, sommes-nous en mesure de répondre à cette question simple, aussi récurrente qu'irritante : pourquoi ARPANET ? Une fois mieux décrit le *comment*, comprendrions-nous enfin le *pourquoi*, comme nous le suggérions au départ ?

Il est à craindre que non. Certes, un certain nombre d'hypothèques ont été levées : ce projet n'est pas le fruit de la guerre froide ni le produit d'un plan militaire. Et si notre travail aura au moins servi à détruire cette légende, il n'aura pas été inutile. D'autres explications, d'autres pistes en partie connues ont été renforcées, confirmées, démontrées par la description des processus : ARPANET est bien né d'une volonté de partager les ressources informatiques entre les chercheurs en contrat avec l'ARPA. Ce projet de partage des informations et des ressources informatiques puise lui-même à diverses sources, dont la nécessité financière de rationaliser les dépenses de l'ARPA, le discours de l'informatique interactive et des réseaux, les réalisations techniques du *time-sharing*, etc.. L'exploration de ces différentes pistes, menant aux sources du processus, nous a-t-elle permis, pour autant, de déterminer les causes profondes, les raisons véritables, qui expliquent la naissance du réseau ?

Nous persistons à penser que non. Pour les deux raisons suivantes :

- la notion même de traduction dissout celle de causalité ;
- quand bien même il existerait une causalité historique, elle ne peut être que spécifique, relative.

Tout d'abord, l'enchaînement des processus, que nous avons essayé de montrer, ne fournit pas et ne peut fournir d'explication causale. Dans la perspective de la sociologie de la traduction, que nous avons suivie, l'explication ultime de l'innovation ne tient à rien d'autre qu'à la solidité des liens et des réseaux tissés par les acteurs. Si ARPANET a pu être construit, c'est en raison du succès des processus de traduction engagés par les multiples acteurs, c'est parce que des liens suffisamment forts, des réseaux solides, des alliés nombreux, des controverses réglées en ont permis l'émergence. Une innovation qui réussit ne s'explique que par la force des processus d'association et de traduction, derrière lesquels ne se cache aucune cause secrète. Certes, la description de ces processus peut mettre en exergue de multiples causalités locales, comme nous l'avons vu (le *time-sharing*, l'informatique interactive, la rationalisation, le « style ARPA », etc.). Mais aucune de ces causes ne saurait prétendre, à elle seule, *tenir* tout le reste ; aucune explication, aussi véridique soit-elle, ne permet réellement d'expliquer le succès (ou l'échec) de l'innovation, si elle fait l'impasse, comme le fait souvent la recherche des causes en histoire, sur les innombrables médiations, les supports, les processus, les forces, les acteurs, dont la mise en mouvement et l'association sont indispensables à l'actualisation de la dite «causalité». Autrement dit, prétendre qu'ARPANET est « né d'une volonté de partage des ressources informatiques », est certes juste, véridique mais cette « cause » ne nous est d'aucun secours pour expliquer le succès de ce projet. On nous répondra qu'au final, c'est

l'explication que « l'Histoire » retiendra (et a déjà retenue en partie) et que seul compte le projet d'origine, l'impulsion initiale, toute la mise en oeuvre relevant de « l'intendance qui suivra » (ou ne suivra pas). Mais il ne s'agit là, à nos yeux, que d'une commodité de lecture, voire d'un raccourci simplificateur parfois nécessaire, consistant à rabattre sur un facteur dûment identifié un enchevêtrement complexe et hétérogène.

Cette recherche quasi obsessionnelle des « véritables causes » se heurte enfin à la forte objection de Paul Veyne :

> *«Le choix de l'intrigue décide souverainement de ce qui sera causalement pertinent ou ne le sera pas ; la science peut faire tous les progrès qu'elle voudra, l'histoire s'en tient à son option fondamentale, selon laquelle la cause n'existe que par l'intrigue.»* [1]

Puisque la cause n'est liée qu'à l'intrigue choisie, alors il est vrai qu'en ce qui concerne ARPANET, la cause « volonté-de-l'ARPA-de-partage-des-ressources » paraît pertinente, du moins par rapport au présent travail. Car elle ne le sera que dans le cadre de cette « intrigue », qui a mis l'accent sur le *time-sharing* et le partage des ressources et qui n'est qu'un récit parmi d'autres. Si elle existe, la causalité ne peut donc être que limitée, relative, partielle, provisoire, finalement peu pertinente.

> *« Toute recherche des fondements et des origines est superficielle, puisqu'on veut distinguer entre les entéléchies celles qui contiendraient les autres en puissance, ce qui est impossible. Si l'on souhaite encore être profond, il faut* ***suivre*** (souligné par l'auteur) *les forces dans leurs conspirations et leurs traductions, aussi loin qu'elles aillent, aussi nombreux et populeux que soient les alliés avec lesquels elles se commettent. »* [2]

Nous avons fait de la remise en cause de cette quête des origines et de la causalité la pierre de touche de notre démarche, tout en soulignant la difficulté de mise en oeuvre d'un tel postulat. Mais avons-nous réussi, dans notre entreprise, à nous libérer de cette notion de causalité ? Jusqu'où avons-nous pu « suivre » ces forces qui « conspirent et qui (se) traduisent » ? Pas autant et pas aussi loin que nous l'aurions voulu. Si nous pensons avoir à peu près réussi à établir la multiplicité des sources d'ARPANET, il est probable que notre intrigue (celle du *time-sharing* et du partage des ressources) nous a parfois joué des tours, nous faisant privilégier une piste causale au détriment d'autres possibles. On ne se débarrasse pas aussi facilement de la recherche des causes.

---

[1] P. VEYNE, *Comment on écrit l'histoire. Suivi de Foucault révolutionne l'histoire*, Seuil, 1978, p. 117

[2] B. LATOUR, *Irréductions*, *op. cit.*, p. 210

7.1.2 L'articulation de l'individu et du collectif

Les travaux de la nouvelle sociologie des sciences et des techniques ont montré depuis longtemps le caractère collectif, social de la fabrication des faits sientifiques et des innovations techniques.
Déjà attaqué par la vision déterministe de l'innovation, le mythe de l'inventeur génial n'a pas survécu aux attaques venues de l'autre côté, montrant la construction sociale des techniques et l'effacement de l'inventeur derrière son réseau d'appartenance.
Et dans notre description des processus de traduction, nous avons sans cesse mis l'accent sur le caractère collectif de cette aventure, sur la multiplicité des acteurs et des actants concernés. Même sans étendre cette notion aux « non-humains », comme le fait Latour, le « collectif humain », en tant que caractéristique et condition de l'innovation technique, constitue donc pour nous un acquis, sur lequel il est inutile de revenir.
Sauf à le nuancer par une réhabilitation des acteurs individuels.
En effet, il nous semble que la place et la singularité des individus sont parfois passées par pertes et profits dans les modèles du constructivisme social de l'innovation. Si l'innovation est effectivement un travail collectif, peut-on pour autant noyer les individus dans une brume où toutes les individualités sont grises, qu'il s'agisse des groupes sociaux pertinents, des classes sociales, voire des acteurs-réseaux ?

On pourra sans doute nous faire le reproche d'avoir retordu le bâton dans l'autre sens et d'avoir souvent redonné une part trop belle au rôle des individus dans l'ensemble du processus. Il est vrai que nous avons longuement évoqué les figures de Licklider, Engelbart, Roberts, Taylor et de beaucoup d'autres, en insistant à chaque fois sur l'importance, la singularité, la spécificité de leur intervention dans le processus d'émergence.
Faut-il voir là le retour (masqué) du mythe de l'inventeur génial ? ARPANET doit-il tout au talent de ces pionniers des réseaux ? Nullement, mais par cette insistance sur le rôle d'acteurs bien précis, nous avons essentiellement voulu marquer une double conviction, « morale » et théorique.
Sur un plan que l'on qualifiera de moral par simple commodité, nous restons attachés à une conception (d'inspiration sartrienne) d'un individu pleinement et irréductiblement responsable de ses actes. Et il nous semble que, dans le domaine de l'innovation scientifique et technique, cette responsabilité d'acteurs individuels précis, sans revêtir forcément une dimension éthique,

est également engagée et, en définitive, déterminante pour le devenir d'un événement ou d'un processus. Même « enrôlés et mobilisés », même conditionnés par des *habitus*, des valeurs, des choix sociaux inconscients, même mûs par des intérêts divers, nous tenons que les acteurs (spécifiquement humains cette fois !) restent, *in fine*, libres et responsables de leurs choix et de leurs actes. Retracer le récit d'une innovation comme celle-ci impliquait donc, pour nous, de rendre la pleine responsabilité de leurs actes (parfois pour mieux leur rendre hommage) aux acteurs individuels. Mais si nous nous en étions tenus là, nous serions effectivement retombés dans les vieilles lunes de « l'inventeur génial ».

Il fallait aller plus loin et, pour reconnaître pleinement le rôle de tel ou tel acteur individuel, essayer de montrer, au-delà des qualificatifs d'usage, ce qui avait rendu ce rôle aussi important. Or, ce n'est ni plus ni moins que la capacité de ces individus à relier, nouer, interconnecter différentes autres entités. Le rôle-clé des individus dans les processus d'innovation constitue ainsi une conséquence théorique forte, selon nous, de cette vision associationniste. C'est parce qu'il a su intéresser les autres, nouer des alliances, neutraliser ses adversaires, mobiliser ses alliés, que tel ou tel individu a joué, à un moment donné, un rôle plus ou moins décisif dans le processus d'émergence. Pensons notamment à l'importance de Larry Roberts, dans les années cruciales 68-69, qui est sur tous les fronts à la fois et « tient » dans ses mains l'ensemble des chaînes d'acteurs et de traductions gravitant autour du projet d'ARPA Network. Si un autre responsable à la tête de l'IPTO n'avait pas eu, à ce moment précis, de telles capacités d'association, le réseau aurait-il pu être créé (du moins aussi vite et aussi solidement) ?

Ce qui fait l'importance des acteurs individuels dans une démarche proche de la sociologie de la traduction, ce ne sont pas les « qualités intrinsèques » dont serait doté tel ou tel chercheur (le talent, le génie, l'audace, etc.), mais bien l'actualisation de ces qualités dans les épreuves du réel, *i.e.* la capacité de ces chercheurs à associer, déplacer, traduire le collectif. Il faut entendre ici le collectif au sens élargi qu’en donnent Latour et Callon, *i.e.* le collectif des associations d’Humains et de Non-Humains.

Sur cette question-là aussi, la sociologie de la traduction est peut-être le seul (ou l'un des rares) modèle(s) à tenir ensemble les deux bouts de la chaîne des acteurs : les individus et les réseaux qu'ils composent. Car il s'agit bien de relier ces deux composants de l'innovation, que sont le collectif et l'individuel et non de les opposer ou de dissoudre celui-ci dans celui-là.

Le facteur individuel n'intervient pas seulement dans cette capacité de certains personnages à tenir les multiples chaînes de traductions et d'acteurs. Nous avons tenté de mettre également en évidence l'importance des relations personnelles, inter-individuelles (qui ne sauraient se résumer à des processus de « capture », d'intéressement ou de neutralisation). L'un des risques d'une conception trop « stratégique » des acteurs nous paraît résider dans l'occultation de toute la dimension informelle, personnelle, subjective, qui caractérise de nombreuses relations entre les acteurs de l'innovation. A plusieurs reprises, le récit est celui de ces complicités intellectuelles, de ces amitiés, de ces inimitiés aussi, qui unissent ou séparent les différents acteurs et qui constituent une bonne part des réseaux sociaux des sciences et des techniques[3]. Sans faire de l'émergence d'ARPANET une simple histoire de relations humaines, il est patent que les réseaux personnels, qui ne se distinguent pas forcément des autres mais permettent souvent des liens plus étroits, ont joué un grand rôle dans l'ensemble du processus.

En bref, l'articulation de l'individuel et du collectif, ainsi que la prise en compte des relations personnelles entre chercheurs, de leur nature et de leur intensité, nous paraissent des éléments majeurs de l'élucidation d'un processus d'innovation technique.

7.1.3 ARPANET entre « le cristal et la fumée »

Programmation *vs* incertitude, formalisation et spontanéité informelle, normalisation *vs* hasard, ordre et désordre : tout le long processus d'émergence semble se dérouler entre ces deux pôles. Là aussi, les travaux de la sociologie de la traduction ont montré la profonde incertitude qui domine les processus d'innovation : incertitude des acteurs, de leur identité, de leur place, incertitude des controverses dont rien, au départ, ne peut indiquer l'issue, incertitude des objets techniques en construction, qui ne sont pas stabilisés. La catégorie d'incertitude est au coeur de l'approche de la nouvelle anthropologie des sciences et des techniques, puisque l'innovation n'est jamais assurée au départ, étant le produit d'une intense négociation et du règlement des controverses.

Cette incertitude généralisée peut se décliner, selon nous, selon trois modalités :

---

[3] Pensons par exemple aux relations personnelles amicales entre Licklider et Fano, Roberts et Kleinrock, Cerf et Crocker, ou inamicales entre Teager et McCarthy, Heart et Kahn, Taylor et Fano, etc. et à leurs retombées dans la constitution des réseaux d'acteurs.

- la part de réelle incertitude, d'indétermination et de hasard dans les événements, les micro-processus, les trajectoires des acteurs ;
- la part de l'informel (qui n'est pas exactement de l'incertitude, mais que nous plaçons néanmoins dans la même rubrique), dans les rencontres, les décisions, les rapports entre acteurs ;
- l'articulation entre, d'une part cette incertitude et ce caractère informel et, d'autre part les aspects de programmation, d'organisation, de planification du processus.

7.1.3.1 La part de hasard dans le processus d'émergence

Peut-être avons-nous insuffisamment rendu compte de cette incertitude foncière, première, au risque de faire un récit où tous les événements et les réseaux paraissent s'enchaîner quasi-automatiquement. Si telle en est l'impression, alors nous aurons partiellement échoué.
Mais il convient de nuancer ici entre l'indétermination des processus de traduction (les liens reliant les acteurs et actants pouvant toujours se rompre) et le facteur de hasard, d'imprévu, intervenant à plusieurs reprises dans cette histoire.
Nous avons, chaque fois que nous en avons eu l'occasion, mis l'accent sur ce dernier aspect, sur le caractère hasardeux, incertain de plusieurs moments-clés de cette histoire : l'arrivée de Licklider à l'ARPA, le recrutement de Sutherland, le démarrage du *Project MAC*, etc. On pourrait d'ailleurs considérer, à travers les différents exemples que nous avons décrits, que l'histoire ou le devenir du processus d'émergence s'est plus d'une fois joué dans ces rencontres imprévues, dans ces discussions de retour de conférence[4] ou dans ces décisions prises à pile ou face (cf Licklider).
Sans réduire les processus d'innovation à une suite plaisante d'événements imprévisibles et d'anecdotes, il convient néanmoins, pour mieux comprendre l'innovation technique, de restituer pleinement cette part de hasard, à l'instar du rôle des individus. Seul le patient suivi des trajectoires des acteurs permet la mise en lumière de ce hasard, pouvant infléchir parfois le devenir du processus d'émergence dans une direction imprévue.

---

[4] Rappelons par exemple l'importance de la discussion entre Wes Clark et Larry Roberts après la réunion de Ann Arbor, au cours de laquelle est suggérée l'idée du réseau des IMP.

7.1.3.2 La part de l'informel dans les réseaux scientifiques

Une autre caractéristique majeure de l'émergence d'ARPANET, que nous avons longuement et souvent relevée dans le récit, concerne le caractère informel, spontané de nombreux processus. Qu'il s'agisse du fonctionnement de l'ARPA et de l'IPTO (le « style ARPA »), des relations entre chercheurs, des rencontres et des discussions, des notes techniques elles-mêmes (formalisées au minimum comme les RFC), des décisions capitales prises à l'issue d'une brève réunion improvisée (rappelons-nous l'obtention de l'accord de Herzfeld par Taylor pour lancer le projet de réseau), du management des *ARPA's Contractors*, du fonctionnement interne du *Network Working Group*, l'ensemble du processus est dominé par une souplesse, une spontanéité, une organisation minimale, voire une « décontraction », assez remarquables.

Que l'on retrouve ici une certaine américanité est indéniable.

Mais il n'y a rien de nouveau sous le soleil, dira-t-on, et l'on sait depuis longtemps que la « science (ou la technique) en action » tient plutôt du joyeux désordre que de l'ordonnancement d'un jardin à la française.

Là encore, la reconstitution des micro-processus permet de restituer cette dimension du processus d'innovation, enfouie sous les explications causales plus massives et rétrospectives.

7.1.3.3 L'une des clés d'ARPANET : la subtile articulation entre spontanéité et programmation

Ces dimensions, qui caractérisent tous les processus d'innovation, sont particulièrement prégnantes ici. Et que l'incertitude et l'informel viennent se loger au coeur de la machine américaine est d'autant plus intéressant à souligner, d'abord pour faire pièce aux représentations souvent simplistes du « complexe militaro-scientifico-industriel », mais aussi en raison de ce paradoxal équilibre entre le volontarisme et la spontanéité, qui semble caractériser de d’un bout à l’autre le processus d'émergence d'ARPANET.

Car s'il y a de l'incertain et du hasard dans les décisions et les trajectoires des acteurs, on est également frappé par l'incroyable volontarisme dont font preuve ces mêmes acteurs.

Que le réseau de l'ARPA n'aît pas été décidé de manière officielle, que ce projet n'aît pas fait l'objet d'un plan politique, militaire ou scientifique préconçu, est indubitable et ne laisse pas de surprendre. Mais son émergence reste avant tout redevable à l'extraordinaire énergie, au volontarisme forcené de quelques individus (Taylor et Roberts notamment) et à leur capacité de programmer le projet, une fois les forces nécessaires assemblées.

C'est ce qui fait peut-être toute la différence entre l'émergence d'ARPANET et celle d'autres projets techniques, issus de décisions et de « plans-programmes » politiques, élaborés sur le papier avant même d'avoir trouvé le premier allié.

Toute cette histoire montre que les phases de programmation[5] sont toujours intervenues après une première mobilisation, souvent informelle, des forces. Ce n'est qu'une fois qu'un certain nombre d'alliés ont été convaincus (les *ARPA's Contractors*), recrutés (l'équipe de BBN, les étudiants du NWG), neutralisés (les dirigeants de l'ARPA, du Pentagone) que des plans, des calendriers, des contrats, des échéanciers, des programmes ont pu être établis, puis fermement organisés et tenus. Que ce serait-il passé si Roberts avait fait l'inverse ?

De même, si la souplesse de fonctionnement dans l'ensemble de l'acteur-réseau d'ARPANET est la règle implicite, elle repose également sur des modes d'organisation efficaces, fondés sur la délégation, l'autonomie et le respect d'échéances communes.

Ces dosages subtils (plus ou moins délibérés), cette articulation complexe entre « le hasard et la volonté » (plutôt que la nécessité), ce mélange d'organisation et d'informel constituent, à nos yeux, l'une des « causes » les plus plausibles du succès du projet de réseau. Si l'on doit trouver une explication, nous la placerions là, dans cette « intelligence » à la fois collective, technique, managériale et sociale, dont ont fait preuve un certain nombre d'individus, particulièrement doués pour construire de solides liens entre de multiples entités et bénéficiant par ailleurs d'un soutien politique et financier décisif.

Produit d'un mélange de spontanéisme, d'auto-organisation et de programmation volontariste, ARPANET a pu bénéficier rapidement de tous les facteurs favorables à son développement. Le paradoxe entre la résolution sans faille, voire l'autoritarisme des responsables de l'IPTO et l'ouverture du projet (ouverture des contenus techniques, des applications, des acteurs), paradoxe que nous avons élargi à la métaphore célèbre du « cristal et de la fumée », reste l'un des traits les plus saisissants, selon nous, de ce processus d'émergence[6].

---

[5] Pensons au choix des sites, à l'appel d'offres de 1968, au lancement des recherches sur les protocoles, à la mobilisation des différentes équipes, etc.

[6] Sous cet angle, il serait intéressant de comparer le processus d'innovation du Minitel avec l'émergence du réseau américain. Sans bien connaître les processus internes ayant conduit au lancement du Minitel, on peut résumer la différence profonde existant entre les deux processus d'innovation par l'utilisation du vocabulaire concernant la naissance : il paraît en effet difficile de parler de « l'émergence » du Minitel (ce terme ayant une connotation spontanéiste, d'auto-organisation, de mouvement naturel), de même qu'il nous semblerait inapproprié de parler du « lancement » d'ARPANET.

7.1.4 Entre logique technique et logique d'acteurs : quelle place pour le facteur technique ?

ARPANET est fondé sur la technologie de la transmission par paquets et constitue le premier réseau informatique à grande échelle fonctionnant selon ce mode de transmission des données.
L'importance de cette technologie et surtout les conditions de son invention nous conduisent à reposer les deux questions-clé du déterminisme technique et de la logique interne aux techniques.

Ainsi une lecture déterministe pourrait-elle mettre sur le compte de cette invention capitale des années 60 l'ensemble des processus de développement de nos réseaux actuels de communication : au fondement d'ARPANET, la transmission par paquets a permis, dans les années qui suivirent, l'apparition, l'extension et l'interconnexion des multiples réseaux qui composeront l'Internet, mais aussi la naissance de la télématique (avec le réseau TRANSPAC, le Minitel, les réseaux spécialisés de données) ; l'essor de la télématique permettant à son tour celui de la consultation à distance des banques de données, renforçant le développement de l'IST, etc. Sans transmission par paquets, pas de réseaux d'ordinateurs ni peut-être de banques de données, ni surtout d'Internet.
Avec la numérisation généralisée des signes et des traces et la convergence des technologies dans le multimédia, la transmission par paquets est donc, sans conteste, l'un des principes techniques les plus fondamentaux des sociétés actuelles, qu'on les appelle de l'information, de la communication ou en réseaux.
Les déterministes techniques pourraient donc suggérer que l'invention de la transmission par paquets a bel et bien « déterminé » la société. Nous ne discuterons pas ici ce point de vue, nous contentant de souligner à quel point l'invention de la commutation par paquets et son rôle décisif ultérieur peuvent constituer un argument fort pour les thèses du déterminisme technique.
Les conditions de l'invention de cette technologie peuvent conduire également à une autre lecture possible de cette innovation, inspirée des courants de la logique interne des techniques.
Nous avons vu que plusieurs projets techniques similaires sont nés à la même époque : le projet de réseau distribué de Paul Baran, l'expérimentation du réseau anglais du NPL de

Davies et Scantelbury et ARPANET. Comment expliquer ces coïncidences ? Y a-t-il une logique de l'invention, échappant aux acteurs ?

Selon Leroi-Gourhan, les techniques obéissent à des lois de l'évolution, que l'anthropologue a caractérisées par les concepts de *tendance* et de *fait* techniques. La *tendance* exprime le mouvement même de l'évolution des techniques, qui pousse « *le silex tenu à la main à acquérir un manche, le ballot traîné sur deux perches à se munir de roues* », qui explique que « *la roue entraîne l'apparition de la manivelle, de la courroie de transmission, de la démultiplication*. » [7] La tendance technique a « *un caractère inévitable, prévisible, rectiligne* », elle constitue cette part irréductiblement et spécifiquement technique des innovations, ce noyau dur qui résiste au social, au culturel, au contingent et qui permet de rendre compte à la fois de l'universalité des techniques (une même technique ou plutôt un même principe technique apparaissant dans plusieurs régions du globe sans liens entre elles) et d'une certaine logique interne de leur développement. Alors que la tendance technique est indépendante des milieux sociaux, culturels, ethnologiques, le *fait* technique est « *imprévisible et particulier* » et exprime, lui, ce lien indissoluble entre une technique et un milieu donné. « *C'est un compromis instable qui s'établit entre les tendances et le milieu* ». Ainsi Leroi-Gourhan donne-t-il l'exemple de la forge, qui n'est pas une *tendance*, mais « *un fait qui se présente comme universel dans la mesure où un minimum de tendances simples sont assemblées pour produire une industrie métallurgique*. »[8].

D'une certaine manière, le rapport entre la tendance et le fait techniques nous paraît analogue à celui qui relie le virtuel à l'actuel : une potentialité unique pouvant s'actualiser de diverses façons.

La tendance et le fait techniques ne relèvent pas des mêmes échelles d'observation : si la tendance « *ne peut naître que de la continuité des faits dans l'espace et dans le temps* » et « *autorise, sur le plan philosophique, une restitution du mouvement progressif* », elle « *ne saurait aller au-delà et conduire à une reconstruction historique exacte(...). Beaucoup plus prosaïque et moins spectaculaire que la technologie des tendances, la collecte des faits peut seule conduire à aborder le problème d'origine et à tracer d'éventuelles routes de diffusion*. » [9]

---

[7] A. LEROI-GOURHAN, *L'Homme et la matière. Tome 1 : Evolution et techniques*, Albin Michel, 1971, p. 27

[8] *Ibid*., p. 28

[9] *Ibid*., p. 28-29

Quel éclairage nous apportent ces notions essentielles de la pensée de Leroi-Gourhan, que nous ne pouvons ici que présenter schématiquement ? Et comment les appliquer à l'émergence du réseau ? Qu'est-ce qui relèverait du fait et de la tendance ?

Nous pouvons d'abord faire l'hypothèse que l'invention simultanée de la transmission par paquets constitue un fait technique particulier, contingent, propre aux circonstances et aux milieux qui l'ont entouré. Mais ce fait technique, qu'il conviendrait d'analyser avec autant de minutie, de rigueur et d'érudition que Leroi-Gourhan a étudié les techniques de transport ou de fabrication, rassemble et exprime des composants universels d'une tendance des techniques de communication à distance, que l'on peut résumer notamment par **la triple recherche de la vitesse** ou du rendement, **de la quantité** (des données à transmettre comme des acteurs de la communication, puisque la transmission par paquets autorise précisément à plusieurs machines, donc à plusieurs personnes à la fois, de communiquer) et **de la précision** (découpage des messages, adressage fin des paquets, etc.).

Les notions de tendance et de fait techniques, qui expriment un certain déterminisme technique, permettent ainsi de replacer l'invention de ce mode de communication dans la longue durée, dans les filières techniques de la communication à distance, dont la transmission par paquets représente la pointe avancée.

Mais comment articuler cette vision de l'évolution des techniques de transmission, obéissant à des lois internes, à des logiques évolutionnistes propres aux techniques, avec la sociologie de la traduction, qui nous montre l'incertitude des processus d'innovation et la construction sociale des techniques ? Question récurrente, qui traverse une bonne part des débats suscités par le modèle de la traduction et qui alimente une partie des critiques qui lui sont faites. Car on a souvent reproché à Latour et Callon de faire fi de cette logique interne aux techniques, la technicité (comme d'ailleurs le contenu scientifique des inventions) paraissant se dissoudre dans le jeu des acteurs et la construction des réseaux. Si la sociologie de la traduction peut effectivement prêter le flanc à une telle critique, en laissant penser que l'innovation surviendrait sur un sol vierge, sans filières ni histoire techniques, terrain vague que seuls viendraient remplir les interactions des acteurs et les processus de traduction, c'est peut-être en raison d'une erreur d'interprétation, que Latour n'a pas toujours cru bon de corriger.

En effet, les tenants de l'anthropologie symétrique des sciences et des techniques affirment n'avoir jamais nié la logique interne des techniques :

> *« La question de l'efficacité technique, des contraintes de la matière, ne nous pose aucun problème, et n'a même pas besoin d'être défendue. Ce (qui peut être pris) pour de l'indifférence à une question, vient tout simplement, comme souvent en recherche, que nous nous en posons d'autres. »*[10]

Soutenant au contraire que les sociologues de la traduction n'ont cessé de prendre en compte dans leurs analyses les objets, les artefacts, ceux qu'ils appellent les « non-humains », Latour laisse entendre que la contrainte technique (qu'on l'appelle technicité, *tendance* ou *processus de concrétisation*) est, à ses yeux, un acquis qui n'a plus besoin d'être démontré et que le problème est ailleurs :

> *« Quant à l'efficacité technique elle me paraît tellement évidente que je ne comprends même pas comment on peut vouloir la souligner, sauf, bien sûr, contre ceux qui se font une idée du monde social si évaporée, si remplie de signes, qu'il faut, en tapant du poing sur la table, les faire redescendre dans les choses. »*[11]

Reprocher à la sociologie de la traduction d'oublier la technique serait donc lui faire un mauvais procès, puisqu'elle l'intègre totalement dans son approche, mais en la recadrant, en la reconfigurant avec, dans et par le social. Là où Latour se sépare de Leroi-Gourhan, pourrait-on dire, c'est dans la prise en compte, l'analyse des phénomènes de la tendance ou du fait techniques, que Latour ne semble pas contester mais, au contraire, assimiler comme des « évidences » : il pose pour principe que :

> *« l'on n'a pas à sortir de l'histoire et du social pour agir avec les nombreux non-humains auxquels nous avons délégué nos compétences depuis deux millions d'années ».*

Ainsi donc, il ne saurait y avoir d'histoires séparées des techniques et des hommes : les deux sont indissociables et, si logique interne aux techniques il y a, si la *tendance* existe, elle « *s'explique de bien d'autres façons que par l'irruption progressive de la matière dans l'histoire agitée des humains »* [12]

Reconnaître l'existence d'une logique interne aux techniques, théorisée par la notion de *tendance technique*, ne signifie donc nullement que l'émergence d'ARPANET soit le produit de cette logique. Nous préférons voir dans l'invention simultanée de la transmission par paquets l'expression d'un « front de recherche », d'un *« saillant réverse* » selon l'expression de Thomas Hughes, que l'on peut résumer ainsi :

---

[10] B. LATOUR, Lettre à mon ami Pierre sur l'anthropologie symétrique, *Ethnologie Française* [en ligne]. vol. XXVI, n° 1, 1996, p. 32-36. Disponible sur WWW : <http://www.ensmp.fr/~latour/popart.html>, p. 2

[11] *Ibid.*, p. 3

[12] *Ibid.*, p. 4

- une poignée d'informaticiens des années 60 « *ont le désir concret* »[13] de faire communiquer des ordinateurs entre eux, pour diverses raisons (idéologiques, techniques, économiques, etc) ;
- la technologie existante alors (la transmission par circuits) n'est pas adaptée à ce besoin ;
- d'autres modes de transmission s'avèrent donc nécessaires, mais très peu de chercheurs et d'acteurs en sont persuadés (quel que soit le modèle de l'innovation, il ne faudrait pas perdre de vue le caractère pionnier, novateur, d'une poignée de chercheurs, capables de poser avant tout le monde un problème que personne n'a encore vu) ;
- un nouveau « front de recherche » s'ouvre alors, sur lequel travaillent quelques équipes et chercheurs isolés et séparés (Kleinrock, Baran, Davies...) ;
- sous l'effet d'un jeu complexe d'opérations de traduction, ces recherches aboutissent et permettent d'envisager la construction d'un réseau informatique à grande échelle.

Un nouveau fait technique apparaît ainsi, selon des modalités d'ailleurs diversifiées (cf les différents apports des travaux de Kleinrock, Baran et Scantelbury-Davies), expression d'une tendance plus large, universelle et de plus longue durée.

Si la notion de tendance n'explique pas l'émergence d'une innovation, elle la resitue dans un cadre temporel plus vaste.

7.1.5 « L'américanité » d'ARPANET

Y aurait-il un « déterminisme culturel », ou une « variabilité sociale des innovations » ? Pour Marc Maurice[14], il est impossible de séparer les innovations de leur contexte sociétal : les espaces de travail favorables à l'innovation sont structurés par les réseaux d'échanges, de coopération, propres à une société. Par exemple, la place de l'apprentissage en Allemagne, la différenciation hiérarchique des statuts et des savoirs en France, la mobilité interne aux entreprises au Japon, constituent autant de modes de structuration sociale qui déterminent des formes d'organisation de l'innovation différentes selon les pays et les sociétés : organisation

[13] Pour reprendre cette expression très juste de Jean-Claude Guédon (J.C. GUEDON, La force de l'intellignece distribuée, *La Recherche*, n° 328, février 2000, p. 16). Il y a aussi une dimension de désir dans toute cette histoire, dont nous n'avons sans doute pas suffisamment rendu compte.

[14] M. MAURICE, *Les Bases sociales de l'innovation industrielle et du développement des produits*, Comparaisons internationales et analyse sociétale, miméo LEST, 1989, 21 p. Cité dans D. VINCK, *Sociologie des sciences*, *op. cit*., p. 239-240

par projets en France, coopération entre responsables au Japon, etc. Il existe ainsi une *variabilité sociale de l'innovation* d'un pays à l'autre.

Deux questions pourraient résumer ici cette question de la dimension culturelle ou sociale des innovations : ARPANET est-il spécifiquement américain ? cette américanité explique-t-elle son succès ? Autrement dit, le premier réseau d'ordinateurs est-il le résultat de la puissance américaine ? Autant la première question nous paraît légitime et fondée, autant la seconde nous semble plus pernicieuse, car elle inverse les termes de l'explication, prenant le résultat pour la cause.

Le caractère culturel américain d'ARPANET ne fait guère de doute.

Si tout objet technique est le reflet d'un monde, nous pouvons avancer l'hypothèse que ce réseau condense en lui une large part de la société américaine des années 60. Produit typiquement « made in USA », l'écheveau ARPANET, par quelque bout qu'on le tire, dévide presque toute la société américaine : qu'il s'agisse des valeurs (notamment la croyance en la supériorité technologique, la prégnance de « l'idéologie de la communication »), des intérêts (politiques, scientifiques ou stratégiques), des contraintes géographiques (cf l'importance de la communication à distance dans un pays-continent), des pratiques des acteurs et des modes de management (le « style ARPA », la souplesse, etc.), cette américanité s'exprime de diverses manières et ne peut, en aucun cas, être réduite à la seule utopie de la communication, considérée souvent comme le facteur typiquement américain. Nous pensons par exemple que les modes de management du projet, le type de rapports établis entre les acteurs, tout ce mixte d'informel et de programmation que nous avons cherché à mettre en lumière sont tout aussi « américains » que la croyance aux vertus de la communication.

Mais qu'est-ce qui caractérise « l'américanité » ? Difficile question, que nous ne pouvons qu'évoquer par la bande.

Il nous semble que les pratiques et les valeurs, les modes de management et l'idéologie, en bref tous les éléments constitutifs d'ARPANET revêtant une incontestable américanité peuvent se subsumer dans les notions plus générales de réseau, de relation et dans la métaphore associationniste qui est peut-être au coeur d'une certaine vision américaine et, au-delà, anglo-saxonne. Ainsi peut-on relever dans les visions de l'informatique et de la société développées par Licklider l'actualisation d'une lignée philosophique plus ancienne, typiquement anglo-saxonne et dominée par l'associationnisme. Nous avons déjà pointé la filière qui relie Vannevar Bush et la pensée de l'hypertexte, Norbert Wiener et la cybernétique

comme science des relations, Licklider et l'informatique communicationnelle. Mais cette ligne ou cette lignée pourrait être remontée plus en amont, jusqu'à Hume, philosophe de l'associationnisme. Cette prégnance de l'associationnisme anglo-saxon déborde la philosophie, pour toucher la langue et la littérature, comme l'a si bien montré Deleuze :

> *« Il n'y a guère que les Anglais et les Américains pour avoir libéré les conjonctions, pour avoir réfléchi sur les relations. C'est qu'ils ont par rapport à la logique une attitude très spéciale : ils ne la conçoivent pas comme une forme originaire qui recélerait les premiers principes ; ils nous disent au contraire : la logique, ou bien vous serez forcés de l'abandonner, ou bien vous serez amenés à en inventer une ! »* [15]

« Associationnisme » de la langue[16], de la littérature, de la philosophie, de la cybernétique, d'une certaine conception des outils cognitifs (Bush), des réseaux informatiques (Licklider) : le primat des relations, des associations, de la communication est bien au centre d'un « agencement » spécifiquement américain, anglo-saxon, qui s'est incarné dans l'émergence de ce premier réseau informatique. Qu'il s'agisse des discours et de la vulgate, imprégnés de l'idéologie du réseau, ou des pratiques effectives, fondées sur une efficience spontanée des associations, tout le processus d'émergence d'ARPANET condense et exprime par là une profonde américanité.

Tout processus d'innovation est donc toujours inscrit, enfoui dans une société donnée, dont il est l'expression et l'exprimé. Et si d'autres réseaux techniques, fondés sur les mêmes principes technologiques, ont pu voir le jour en Europe ou ailleurs, ils ont été néanmoins fortement différents, aux plans idéologique, social, culturel, philosophique. Seule la « part technique » échappe aux frontières, aux déterminismes sociaux, pour s'exprimer dans la notion de « tendance » universelle, comme nous l'avons vu ci-dessus (cf de nouveau l'invention simultanée en Grande-Bretagne, aux Etats-Unis et en France de la transmission par paquets).

Si la première question de l'américanité d'ARPANET ne pose donc aucun problème et appelle une réponse franchement affirmative, la seconde, en revanche, est plus complexe et nous invite à reconsidérer les devenirs différents des trois projets : pourquoi les Américains ont-ils réussi, là où les Britanniques, puis les Français, ont échoué, alors qu'ils disposaient des mêmes techniques et en étaient à peu près au même niveau d'avancement conceptuel ?

---

[15] G. DELEUZE, C. PARNET, *Dialogues*, Flammarion, 1996, p. 70

[16] « *L'anglais fait des mots composés dont le seul lien est un ET sous-entendu, rapport avec le Dehors, culte de la route qui ne s'enfonce jamais, qui n'a pas de fondation, qui file à la surface, rhizome. Blue-eyed boy : un garçon, du bleu et des yeux - un agencement.* ». *Ibid.*, p. 73

L'explication de l'innovation par les facteurs culturels ou sociétaux ne nous paraît pas suffisante pour expliquer le succès (ou l'échec) d'une innovation, car elle revient, une fois de plus, à confondre le résultat (l'émergence d'un réseau typiquement américain) avec la cause (le long processus de traduction, le règlement des controverses). Autrement dit, ce n'est pas parce que les Américains sont ce qu'ils sont que le projet a réussi ; on retomberait là dans un « discours des essences », qui n'explique rien et se borne à des constats tautologiques (les Américains ont gagné parce qu'ils sont les plus puissants, donc ils ont pu mettre sur pied ce réseau, nouveau symbole de leur puissance).

Tout notre travail a cherché précisément à montrer que la clé du succès de cette innovation a résidé dans les multiples opérations réussies de traduction mises en oeuvre par les acteurs. Si le projet de mise en réseau a pu aboutir (alors que nous avons vu que rien au départ n'en garantissait le succès), c'est en raison de la capacité de quelques chercheurs et organisations à capter, intéresser et mobiliser d'autres entités, à construire des réseaux solidement tissés. La grande force du processus d'ARPANET vient, nous l'avons plusieurs fois souligné, de cette combinaison rarissime de volontarisme et de spontanéisme, de dirigisme et de souplesse, de concentration de moyens et de décentralisation des tâches. L'ARPA a réussi à mobiliser des équipes de chercheurs, au départ réticentes, en les rendant acteurs de leur propre projet. On retrouve là, bien sûr, de nombreux ingrédients du « succès américain », ou de ce qui fait la force de ce système.

Si ce succès peut apparaître, rétrospectivement, comme l'une des illustrations les plus fortes de la puissance américaine, il faut alors s'interroger sur ce qui fonde réellement cette puissance. Glissons l'hypothèse qu'une part essentielle provient du succès des processus d'innovation engagés, cette réussite (qui n'est d'ailleurs pas systématique) provenant souvent des modes de management des projets, marqués par la mobilisation souple et intelligente d'acteurs les plus divers, attachés au succès de ces projets. Mais au-delà, il conviendrait de se poser la question de la supériorité du modèle « associationniste », dont l'Amérique est imprégnée, sur les modèles « transcendantaux » ou arborescents, particulièrement prégnants en Europe et en France[17]. Dans une perspective latourélienne, il serait particulièrement

[17] Une autre citation de Deleuze, à propos de la littérature anglo-saxonne, permet d'éclairer cette distinction, sommairement esquissée ici entre les deux « modèles » : « *Les Anglais, les Américains n'ont pas la même manière de recommencer que les Français. Le recommencement français, c'est la table rase, la recherche d'une première certitude comme d'un point d'origine, toujours le point ferme. (...). Les Français pensent trop en termes d'arbre : l'arbre du savoir, les points d'arborescence, l'alpha et l'oméga, les racines et le sommet. C'est le contraire de l'herbe. Non seulement l'herbe pousse au milieu des choses, mais elle pousse elle-même par le milieu. C'est le problème anglais, ou américain.* » *Ibid.*, p. 50-51

intéressant de pouvoir approfondir, de manière « symétrique », la comparaison des conditions d'émergence d'ARPANET avec celles du Projet CYCLADES, autre projet fondé sur la transmission par paquets mené en France à la même époque. Ce projet, lancé en 1972 par la Délégation à l'Informatique, était promis à un avenir tout aussi prometteur que son cousin américain, mais a finalement été enterré pour des raisons socio-politiques, selon le témoignage de Louis Pouzin, responsable du projet[18]. Ces raisons socio-politiques (la volonté d'hégémonie de l'administration des Télécoms, la centralisation à la française, la rivalité entre le monde des télécoms et celui de l'informatique, etc.) ne font peut-être qu'exprimer les difficultés plus grandes en France à réussir les opérations de traduction d'un processus d'innovation.

Il existe donc à l'évidence un rapport étroit entre les conditions culturelles, sociétales, politiques, propres à une société et le devenir des innovations. Mais ce rapport société / innovation est du même ordre que celui de la poule et de l'oeuf : lequel conditionne l'autre ? Sans évacuer la variabilité sociale des innovations ni la logique interne aux techniques, la sociologie de la traduction permet de mieux réaliser l'appréhension simultanée des deux instances : la société produit les techniques qui la produisent à leur tour, nous sommes dans des phénomènes de co-production. Encore faut-il prendre également en compte les longues lignées de pensée, la prégnance des modèles philosophiques, le soubassement culturel d'une innovation.

[18] Voir notamment L. POUZIN, Cyclades ou comment perdre un marché, *La Recherche*, n° 328, février 2000, p. 32-33 et L. POUZIN, A. SIMERAY (interview), *Autrans'98. Interviews. Louis Pouzin, le "père" du réseau Cyclades*. [En ligne], 2 p. Disponible sur le WWW : <http://www. isoc.asso.fr./AUTRANS98/>.

7.2 Quelles limites à la sociologie de la traduction ?

Le modèle de la traduction permet-il vraiment de « faire l'histoire » d'un processus d'innovation, ou bien n'est-il qu'une lecture particulière d'une histoire déjà faite ? Et en quoi peut-il renouveler l'écriture de l'histoire des innovations ? Questions difficiles, qui sont peut-être au coeur de notre travail et des problèmes rencontrés.

L'étude d'un processus d'innovation selon l'approche anthropologique des sciences et des techniques consiste, pour une part essentielle, à tenter de réaliser les opérations suivantes :

- l'identification et le suivi de tous les acteurs et actants, partie prenante du processus ;
- la reconstitution, dans les conditions les plus proches de l'incertitude originelle (*i.e.* sans *a priori* et en suivant le patient travail de tissage, d'interconnexion), des réseaux qu'ils dessinent ;
- le suivi, aussi fin que possible, des controverses qui opposent les acteurs du processus et des modalités de clôture de ces controverses ;
- la reconstitution des différents processus de traduction menés par les diverses entités (opérations de captation, d'intéressement, d'enrôlement, de mobilisation, de détournement des autres entités, transformations des énoncés, redéfinitions des identités, etc.), aboutissant à l'émergence du nouvel objet et de nouveaux acteurs-réseaux ;
- la qualification des degrés de convergence et d'irréversibilité du nouveau réseau créé.

Au final, la description de ces micro- et macro-processus devrait permettre la mise en visibilité des modalités de la construction sociale, collective de l'innovation, mais fournir aussi les bases d'une intelligibilité et d'une mise en perspective du processus d'innovation. Car la description de réseaux ne saurait, à elle seule, rendre compte de toute la complexité de l'émergence d'innovations de grande ampleur.

Quelles peuvent être les limites du modèle de la traduction, au regard de cette problématique de l'histoire des innovations ? Elles nous semblent tenir essentiellement à la double question des traces, c'est-à-dire de leur composition et de leur traitement. Au-delà de cette question se pose celle de l'écriture d'une histoire « processuelle ».

7.2.1 La question des traces et l'impossible observation ethno-méthodologique rétrospective

La reconstitution des réseaux de la « technique en action » et des controverses, le suivi des acteurs et actants ne sont possibles qu'à partir des traces du processus d'innovation les plus hétérogènes possibles : textes de toutes sortes, articles scientifiques, rapports techniques, notes, observations empiriques, inscriptions scientifiques et techniques les plus diverses, etc.
Trois conditions semblent constituer « idéalement » l'horizon de mise en oeuvre de l'approche anthropologique. Tout d'abord, pour cerner les micro-opérations de traduction, il faudrait pouvoir faire l'analyse ethno-méthodologique très fine et quasi-exhaustive des innombrables traces informelles du dit processus : conversations, brouillons, courriers entre chercheurs, notes techniques, etc. Ensuite, pour pouvoir reconstituer les trajectoires des actants, des artefacts, la manière dont ils sont capturés et insérés dans un réseau, la manière aussi dont un artefact devenant acteur peut redistribuer autour de lui d'autres entités, il faudrait pouvoir disposer d'autres traces que les seuls écrits, fussent-ils techniques. Enfin, pour pouvoir retracer fidèlement les controverses, il faudrait pouvoir recueillir les écrits, les témoignages, les positions des adversaires de l'innovation.

Ces trois conditions sont impossibles à satisfaire, notamment dans l'étude d'un processus d'innovation passé et cette impossibilité suscite, selon nous, trois réserves importantes à l'utilisation du modèle de la traduction dans l'histoire des innovations, qui pointent peut-être sur trois contradictions théoriques fortes.

7.2.1.1 Suivi immanentiste ou reconstruction ?

Outre que la volonté de cerner au plus près la trame compliquée du réel peut comporter l'illusion de l'ubiquité ou du « point de vue de Dieu » sur le monde, elle se heurte à une difficulté pratique et méthodologique, souvent reprochée aux sociologues de la traduction : à la limite du faisable pour un processus d'innovation technique en cours, que l'observateur entreprendrait de suivre pas à pas, ce type d'observation devient impossible pour un processus vieux de trente ans. Les opérations de collecte de traces sont d'autant plus hors de portée lorsqu'il s'agit d'une innovation de grande ampleur, mobilisant d'innombrables acteurs et s'étalant sur plusieurs années. La difficulté est d'ailleurs relevée par Latour lui-même :

> *«L'ethnographe des science se heurte à une difficulté de taille : il arrive généralement trop tard sur le théâtre des opérations et en est réduit à recueillir les anecdotes où l'on raconte rétrospectivement comment telle idée est venue à tel chercheur. »*[19]

Aussi le corpus de recherche servant de matériau à l'exploration historique d'une innovation sera-t-il forcément réduit et réducteur, puisqu'il se limite généralement aux traces « nobles » encore disponibles : les articles, les textes publiés, les rapports techniques, les témoignages d'acteurs, etc.

Du coup, cette réduction obligée, fruit de choix et de hasards successifs, apparaît en contradiction avec l'un des postulats du modèle de la traduction : le principe immanentiste de refus des *a priori*, de suivi le plus fidèle possible des cheminements des acteurs et des réseaux, des multiples associations et traductions. Elle induit inévitablement des découpages pré-construits, des reconstructions et des lectures rétrospectives. Cette critique de la « reconstitution » n'est pas nouvelle et a été formulée, notamment par Francis Chateauraynaud, qui pointe avec justesse la contradiction avec la possibilité même d'un pur suivi des acteurs :

> *« Or un contre-argument fait valoir qu'il est pratiquement impossible de suivre un processus qui se déroule parfois sur plusieurs années, sans activer des divisions ou des partages pré-construits et à défaut desquels il n'y aurait rien à dire ou à décrire. »*[20]

L'histoire est, par définition, une reconstruction fondée sur un certain jeu limité de documents et de traces, réordonné selon la perspective de l'observateur.

Pour Latour, le problème peut néanmoins être contourné en restant dans le cadre défini par les acteurs et en s'appuyant au plus près sur eux. Mais se pose alors le problème de la « neutralité » de l'historien ou de sa « transparence » par rapport aux choix des acteurs, comme le remarque fort justement Patrice Flichy en posant deux questions essentielles, que le modèle de la traduction ne semble pas vraiment résoudre : « *quel est le rôle de l'observateur ?* » et « *qu'est-ce qui crée la cohérence du récit ?* » [21] Les choix de l'historien, par rapport aux faits, aux traces et inscriptions recueillis, restent prédéterminés par sa conception de l'histoire et conditionnent à leur tour son interprétation, sa lecture des faits. Les historiens ont montré

---

[19] B. LATOUR, S. WOOLGAR, *La Vie de laboratoire, la production des faits scientifiques*, La Découverte, 1988. Cité par P. FLICHY, *L'innovation technique*, *op. cit*., p. 108

[20] F. CHATEAURAYNAUD, Forces et faiblesses de la nouvelle anthropologie des sciences, *Critique*, juin-juillet 1991, n° 529-530, p. 467

[21] P. FLICHY, *op. cit.*, p. 108

depuis longtemps que plusieurs histoires sont possibles selon les sources utilisées, les corpus, les faits recueillis[22].

7.2.1.2 L'inévitable homogénéisation du corpus, dominé par les traces écrites

Dans l'étude d'un processus d'innovation passé, le corpus se limite à un certain type de traces, finalement assez homogènes et caractérisées comme étant des discours, des écrits, des verbalisations, des prises de paroles d'acteurs. En bref, des écrits ou des traces « textuelles ». Dès lors, la composition discursive de ce corpus valorise d'autant la parole (et le point de vue) des acteurs humains, au détriment des autres dimensions du processus, exprimées par les innombrables traces non-verbales de l'activité technique : pratiques réelles, schémas, flux de données, données chiffrées, mesures diverses, notices de fonctionnement, évolution des financements, etc.

Ainsi, sur quel corpus s'appuyer pour entreprendre le suivi des actants, des acteurs « non-humains », des artefacts ? Fautes de ces traces et documents d'archives difficiles sinon impossibles à retrouver, de nombreux aspects spécifiquement techniques du processus d'ARPANET ont été forcément sous-explorés et sous-évalués.

Une contradiction paraît donc surgir ici avec ce postulat fondamental du modèle de la traduction : le « principe de symétrie Humains - Non-humains », étendant l'observation aux acteurs non-humains dans les mêmes termes et selon les mêmes modalités que pour les acteurs humains. Certes la prise en compte des entités non-humaines reste possible et nous avons tenté d'intégrer, au prix d'un effort de reconstruction, les multiples artefacts dans notre exploration et notre explication du processus d'émergence. Mais la sur-représentation dans notre corpus des documents écrits, produits par les acteurs humains, nous a inévitablement conduit à renforcer le rôle et la présence de ceux-ci, au détriment des autres entités du processus. Même si l'identification, le suivi, la description, la définition des acteurs Non-Humains ne dépendent pas exclusivement de la présence ou non de traces non-textuelles dans le corpus, il nous semble que l'impossibilité ou la difficulté de collecter ces traces, à trente ans de distance, constitue une limite importante à l'application de ce principe méthodologique.

---

[22] Comme le rappelle Flichy avec l'exemple de la naissance de la transmission téléphonique à longue distance, pour laquelle deux interprétations différentes ont été fournies.

7.2.1.3 Le déséquilibre des témoignages et le difficile suivi des controverses

Enfin un dernier aspect du corpus mérite d'être relevé, car il pose également un problème à la fois méthodologique et théorique.

En effet, si le corpus des traces d'un processus d'innovation passé est inévitablement dominé par les textes, les écrits, les témoignages des acteurs, il est marqué également par un deuxième déséquilibre : la sous-représentation des adversaires de l'innovation.

Les acteurs et les protagonistes de l'innovation sont, par nature et par définition, plus faciles à suivre que leurs adversaires, parce qu'ils s'expriment davantage au moment même du processus et ultérieurement, surtout lorsque celui-ci a réussi. Du coup, la composition des traces verbales des acteurs s'en trouve forcément biaisée. Nous n'avons pas disposé, par exemple, des prises de position, des discours ou des déclarations des adversaires du projet de réseau ou du *time-sharing*. Sans doute n'avons-nous pas fait toutes les recherches approfondies nécessaires dans ce domaine. Mais quand bien même aurions-nous pu retrouver les prises de position d'IBM, d'ATT ou des *ARPA's Contractors* initialement hostiles au projet de mise en réseau, le déséquilibre entre les traces des acteurs et celles des opposants n'en aurait pas moins été significatif.

Pour une raison d'ailleurs assez simple, que le modèle de la traduction permet d'expliquer : ce ne sont pas les opposants à une innovation qui ressentent d'abord le besoin de s'exprimer, d'argumenter et de convaincre, à travers articles et communications diverses. Tant qu'une innovation ne les menace pas, les opposants n'ont à « intéresser » personne pour refuser cette innovation. D'une manière plus générale, la force d'inertie, le conservatisme technique ne nécessitent pas de prise de parole : il leur suffit d'exister *de facto* et de résister aux projets et aux argumentations des innovateurs, obligés pour leur part de défendre leur problématisation à travers toutes sortes d'écrits.

Quelles sont les conséquences de ce déséquilibre dans les traces des controverses qui alimentent le processus d'innovation ? L'une d'entre elles nous semble un peu comparable à la situation d'un historien qui ne disposerait, pour faire l'histoire d'un événement, que des témoignages d'une seule catégorie d'acteurs[23]. Dans l'histoire des innovations passées, la sur-représentation des protagonistes mêmes de l'innovation peut conduire à une dépendance équivalente de l'observateur vis-à-vis de ces acteurs.

---

[23] Peut-on, par exemple, faire l'histoire de la guerre d'Algérie en se fondant uniquement sur les textes et témoignages d'un seul camp (le FLN, les gaullistes, l'OAS, etc.) ? L'analyse historique ne peut en sortir que singulièrement orientée.

Mais une conséquence plus problématique de cette valorisation inévitable du « discours des acteurs » (au détriment des adversaires ou des concurrents) nous semble résider dans la contradiction avec le troisième postulat du modèle de la traduction : le principe de symétrie. Enoncé dans le « *programme fort* » de Bloor, le principe de symétrie invite l'observateur à considérer de manière symétrique et égale l'innovation qui réussit et celle qui échoue, les partisans et les adversaires d'un projet. L'étude des controverses techniques se doit de suivre, à part égale, les arguments, les définitions et les points de vue des uns et des autres. Mais si ce principe méthodologique, dont la fécondité n'est plus à démontrer, peut être mis en oeuvre pour l'étude des processus en cours, dans la mesure où l'observateur peut, à la limite, suivre tous les acteurs (protagonistes et opposants du projet), qu'en est-il pour l'exploration d'un processus achevé ? Non seulement de nombreuses traces sont perdues, mais les cris de victoire des vainqueurs n'ont-ils pas étouffé les arguments passés des vaincus d'hier ?

En bref, cette question des traces, de leur nature, de la constitution et surtout de la composition du corpus de recherche nous conduit à pointer les trois contradictions suivantes avec certains principes méthodologiques du modèle de la traduction :

- le corpus étant constitué *a posteriori*, il contredit ou limite le principe de suivi immanentiste, sans *a priori*, du processus ;
- le corpus étant pour l'essentiel et presque obligatoirement composé de traces écrites, de discours formalisés et volontaires d'acteurs humains, il limite l'application du principe de symétrie généralisée, Humains / Non Humains ;
- enfin le corpus étant majoritairement composé des discours des acteurs mêmes de l'innovation (au détriment de ceux des adversaires ou des concurrents malheureux), le regard de l'observateur peut s'en trouver d'autant plus orienté, en contradiction avec le principe de symétrie.

La question cruciale des traces de l'innovation représente ainsi, à nos yeux, une réserve importante, non point à la fécondité ou à la pertinence théorique de la sociologie de la traduction, mais aux modalités de son utilisation.

On pourrait alors légitimement s'interroger sur l'utilité d'une théorie qui ne pourrait être mise en oeuvre. A quoi sert un modèle théorique qui n'aurait pas de portée opératoire et dont l'utilisation pratique révèlerait les limites méthodologiques ? La sociologie de la traduction ne serait-elle qu'une séduisante théorie, une source d'inspiration féconde mais inutilisable dans

des travaux empiriques ? Nous n'irons pas jusque là car ces limites, que nous avons tenté de pointer, n'invalident pas, à nos yeux, le modèle mais en restreignent simplement les modalités d'utilisation. Plus qu'un « modèle », la sociologie de la traduction constitue d'ailleurs pour nous une approche, une démarche heuristique.

7.2.2 La question des outils de traitement des traces

Les remarques sur la composition des traces de l'innovation sont enfin à mettre en relation avec une autre question, tout aussi importante : celle de leur traitement. Comment, en effet, traiter ces vastes ensembles de données que représentent les corpus d'une innovation ? Avec quels outils est-il possible de reconstituer les réseaux d'acteurs et les acteurs-réseaux ?
Cette question méthodologique occupe une place majeure dans la réflexion des sociologues du CSI. Elle est traitée notamment dans un texte de Latour et Geneviève Teil, « *La Machine de Hume* » :

> *«Comment pouvons-nous obtenir des analyses qualitatives significatives des mécanismes sociaux de la science en traitant de grands ensembles de données hétérogènes ?»*[24]

Seuls l'ordinateur et les outils numériques peuvent nous aider à traiter ces données et à faire émerger les associations d'acteurs et d'actants. Mais Latour et Teil montrent au préalable les limites des méthodes habituelles, quantitatives et qualitatives. Les premières, purement statistiques, ne permettent pas la reconstitution des réseaux, tandis que les méthodes qualitatives, fondées sur des études de cas, ne permettent pas de relier les études locales les unes aux autres et restent polarisées sur des domaines forcément restreints, avec des données limitées. Il est donc nécessaire de recourir à d'autres types d'outils, que les auteurs appellent des outils de Sociologie Assistée par Ordinateur (SAO) pouvant combiner la finesse des études qualitatives et la capacité de synthèse des méthodes quantitatives. De tels outils existent et ont d'ailleurs été mis au point par les chercheurs du Centre de Sociologie des Innovations : *Candide*, *Leximappe*, ce dernier logiciel ayant permis la création de *Sampler*, le dernier modèle de ces outils de «SAO». Rappelons rapidement ce que peuvent faire ces outils :

- travailler sur du **texte intégral** ;

[24] B. LATOUR, G. TEIL, The Hume machine. Can association networks do more than formal rules ?, *SEHR*, juin 1995, vol. 4, n° 2. Disponible sur WWW : <http://shr.stanford.edu/shreview/4-2/text/teil-latour.html>, p. 1

- **analyser automatiquement** de vastes corpus de données et constituer des index (soit automatisés, soit «manuels») ;
- faire des **calculs d'occurrence et de co-occurrence** (apparition simultanée de deux termes dans un texte) ;
- établir le **réseau des relations de ces termes associés** ;
- faire **émerger des « *clusters* »** (des noeuds de termes, de notions, de thèmes) ;
- **disposer ces clusters sur des diagrammes**, selon des critères précis de **centralité** et de **densité** ;
- établir des **cartographies des différents réseaux** d'associations de ces thèmes.

Le postulat fondamental à la base de ces outils est le **principe de calculabilité**, énoncé ainsi par Latour et Teil :

> *« Toute forme est un rapport de force. Tout rapport de force se définit dans une épreuve. Toute épreuve peut être exprimée comme une suite de modifications d'un réseau. Tout réseau se résoud en une liste d'associations d'actants spécifiques et contingents. Et cette liste est calculable. »* [25]

En partant ainsi des listes d'actants qui composent un réseau et en calculant les réseaux de relations qui les définissent, il devient possible, grâce à ces outils, d'avoir « *accès à la cause ultime de solidité de toutes les formes structurées*. ». Autrement dit, de recomposer toutes les formes d'un réseau et les processus de traduction qui s'y expriment. Ces outils, dont les principes s'inspirent de la philosophie associationniste de Hume et Condillac, sont conçus par Latour et Teil comme des aides à la narration et doivent pouvoir servir d'outils aux historiens, sociologues, ethnologues..., confrontés à la description de réseaux d'association.

L'analyse des mots-associés, comme l'ont montré les travaux de Jean-Pierre Courtial[26], permet de suivre l'évolution de thèmes de recherche, de retracer les trajectoires de certains concepts dans la communauté scientifique, de mettre en évidence des phénomènes de convergence traduisant les processus de construction sociale des faits scientifiques.

Ces logiciels scientométriques constituent ainsi l'outillage méthodologique de prédilection de la sociologie de la traduction, dont ils incarnent les principes, les postulats et la démarche.

---

[25] *Ibid.*, p. 3

[26] Voir notamment, dans le domaine de la biologie : J. P. COURTIAL, J. POCHON, C. VILAIN, L'étude d'un concept nouveau à partir de réseaux de mots-clés. Application à la didactique des sciences. *Documentaliste-Sciences de l'information*, vol. 31, n° 4-5, 1994, p. 199-204. Et dans celui de la psychologie cognitive : J.P. COURTIAL, L. KERNEUR, La Méthode des mots-associés, outil d'analyse du changement social. *Histoire & Mesure*, 1997, vol. XII, n° 3/4, p. 251-270

> *« L'analyse des mots-associés appliquée à des ensembles d'articles scientifiques décrits par des mots clés permet de lier la progression des connaissances scientifiques à un certain état d'interaction des réseaux sociocognitifs liant culture et technologie au sein du domaine d'activité des chercheurs. Appliquée à d'autres types de documents où s'observent des interactions sociales de construction d'objets, autour de grands projets par exemple, l'analyse des mots associés peut fournir un outil nouveau de mise au jour de la dynamique sociale et des facteurs historiques oubliés.»*[27]

La question des « autres types de documents », pointée par Courtial, nous semble essentielle ; car la plupart des travaux réalisés avec Leximappe ont porté sur des corpus homogènes, constitués de références bibliographiques puisées dans les banques de données et concernant des domaines et des périodes bien délimités. Qu'en serait-il avec un thème comme l'émergence d'ARPANET ? Ces outils permettraient-ils les mêmes traitements et offriraient-ils les mêmes résultats, en s'appliquant à de grands corpus hétérogènes, portant sur une longue période, impliquant de très nombreux acteurs et de multiples thèmes ? Nous n'avons pas de réponse à ces questions, n'ayant pu, faute de temps, utiliser ce type d'outils[28]. Mais on se méprendrait en ne voyant dans la question posée par le recours aux outils de « SAO » qu'une « simple question méthodologique » ou, au pire, qu'un « gadget » technique sans importance. Nous sommes en effet convaincus que l'analyse des mots associés, l'établissement de cartographies des réseaux d'acteurs et les diverses potentialités de ces outils permettent de faire émerger de nouvelles configurations, de nouveaux processus impossibles ou difficiles à établir par des moyens « manuels ». Autrement dit, non seulement ces outils fournissent une mise en visibilité de certains phénomènes peu perceptibles, mais ils peuvent, ce faisant, modifier profondément l'analyse historique du dit-processus. Gageons que notre histoire d'ARPANET aurait été différente, y compris dans son contenu historique même, si nous avions pu utiliser Leximappe ou Sampler. A l'inverse, et pour en finir avec l'évocation de ces outils, une autre question vient tarauder notre réflexion : ces outils sont-ils réellement indispensables à tout travail « latourélien » de reconstitution d'un processus d'innovation et notre entreprise d'exploration de l'émergence d'ARPANET était-elle, dès le départ, vouée à un échec relatif ?

Cette question nous conduit à un bilan auto-critique de notre travail.

---

[27] COURTIAL, Jean-Pierre, KERNEUR, Léna. La Méthode des mots-associés, outil d'analyse du changement social, *art. cit.*, p. 268

[28] Une exploration du corpus enrichi de l'émergence d'ARPANET à l'aide d'un outil scientométrique constitue d'ailleurs pour nous une future piste de recherche, qui nous paraît très intéressante à ouvrir.

7.3 Des difficultés d'écriture d'une « histoire processuelle »

Avons-nous réussi notre projet ?
Avons-nous réussi à montrer la multiplicité des origines d'ARPANET ? A suivre à la trace les multiples acteurs et actants ? A remonter les filières ? A mettre en lumière le double caractère collectif et individuel du processus ? A décrire les micro et macro-opérations de traduction ? A donner à voir une autre vision de l'histoire du premier réseau ? Et, *last but not least*, avons-nous trouvé une nouvelle forme d'écriture pour une « histoire processuelle » ?
Il ne nous appartient pas, bien sûr, de répondre nous-mêmes à toutes ces questions. A l'heure du bilan auto-critique, celui-ci nous apparaît cependant bien partagé. Si nous pensons avoir pu montré la multiplicité et la complexité des origines d'ARPANET, nous sommes conscients de l'écart important entre le projet annoncé, celui d'une histoire « processuelle et latourélienne » et le résultat, qui pourra apparaître comme une description relativement « classique » du jeu des acteurs d'un processus d'innovation compliqué. Autrement dit, cette thèse nous apparaît comme un produit hybride, un compromis entre la tentative d'une histoire renouvelée et un résultat qui n'est peut-être pas à la hauteur du projet.
Au coeur de cet écart entre le projet et sa réalisation, se retrouvent trois problèmes difficiles, sans doute mal résolus et qui correspondent aux questions qui viennent d'être abordées :
- la question des traces ;
- celle de leur traitement ;
- enfin le problème de l'écriture de ce type d'histoire et notamment le problème de l'échelle de description des processus.

7.3.1 L'insuffisant suivi des controverses

La question des traces et de la composition du corpus, dont nous avons souligné l'importance générale dans l'utilisation du modèle de la traduction, s'est posée de manière évidente dans notre travail : tout notre corpus repose sur une nette prédominance des traces écrites (au détriment des données d'autres natures), des textes et particulièrement des témoignages d'acteurs. Nous avons pointé plus haut les risques, les effets indirects de ce déséquilibre sur le récit et il nous semble patent que nous les avons subis de plein fouet. Notre récit s'est

concentré sur les acteurs humains, au détriment du principe de symétrie Humains - Non humains, il a suivi prioritairement les partisans de l'innovation, au détriment des adversaires.
Au final, la difficulté à suivre les controverses et la tendance « naturelle » à suivre les protagonistes du projet dans leur trajectoire ont pu susciter une impression globale d'une convergence irrésistible du processus d'innovation. Nous ne sommes peut-être pas sortis (ou pas autant que nous l'aurions souhaité) des lectures rétrospectives traditionnelles, fondées sur l'enchaînement « mécanique » des faits et occultant l'incertitude originelle de toute innovation, la pluralité des devenirs et des embranchements possibles aux différentes étapes du projet. Au regard du suivi des controverses et de leur incertitude, le résultat nous paraît donc assez mitigé, même si, sur des exemples locaux comme celui du *time-sharing*, nous avons pu évoquer plus en détail les discussions et les conflits qui ont entouré cette innovation.

7.3.2 Peut-on faire de la sociologie de la traduction de manière « artisanale » ?

Derrière cette question qui peut paraître iconoclaste se pose tout le problème, évoqué ci-dessus, du traitement des traces. Non seulement nous n'avons pas utilisé les outils performants et spécialisés de Sociologie Assistée par Ordinateur (de type Sampler), mais nous n'avons eu recours à aucun autre outil automatisé d'analyse et de traitement de traces écrites (hormis le traitement de texte bien sûr, qui est l'outil informatisé de premier niveau dans ce domaine). Tout notre travail d'enquête et de recherche s'est opéré selon les méthodes les plus traditionnelles, les plus « artisanales » de la recherche : lecture, notes, fiches, synthèse, mise en relation, etc. L'élaboration des schémas, qui tentent de représenter quelques unes des filières constitutives d'ARPANET, s'est, elle aussi, entièrement « faite à la main »[29].
Une approche sociologique, qui met sans cesse l'accent sur le rôle et la place des outils de traitement de l'information, des technologies de l'intelligence, ne peut passer sous silence ses propres outils de mise en oeuvre. Et sans pouvoir en préciser les conséquences, il n'est pas indifférent que notre récit soit en bonne partie dépendant des outils et des conditions matérielles concrètes qui l'ont permis.
Nous avons suggéré plus haut qu'une utilisation intensive et maîtrisée des outils de cartographie linguistique aurait pu mettre en exergue d'autres filières, d'autres connexions, d'autres résaux et, au final, d'autres lectures du processus. Reprenons rapidement l'exemple

[29] Mais avec le logiciel *Word* bien entendu : exemple typique de « processus composite de premier niveau », pour reprendre la terminologie d'Engelbart (cf section 3.4.2.2 : « La problématisation de « l'augmentation » »)

du Rapport Baran : en supposant que l'on puisse constituer, à partir de l'interrogation de banques de données[30], le corpus le plus complet possible comprenant toutes les versions des articles de Paul Baran entre 1961 et 1965, des citations qu'il a suscitées, des articles qui lui ont répondu, etc., un traitement de ce corpus par *Sampler* pourrait peut-être donner à voir de nouvelles interactions entre acteurs et nous renseignerait sur les conditions de réception du Rapport dans les diverses sphères concernées.

Concluons sur ce point en avançant prudemment la double hypothèse suivante : les résultats de notre recherche auraient sûrement été différents si le traitement des traces avait reposé sur des outils informatiques de cartographie (sans que l'on puisse préjuger de ces différences de lecture du processus d'innovation) ; inversement, nous sommes dans l'incapacité de trancher la question de savoir si le recours à de tels outils est une condition *sine qua non* de toute application de la sociologie de la traduction.

7.3.3 La question de l'échelle de description

Les processus de traduction opèrent à des échelles différentes : petite échelle des micro-opérations concernant un acteur humain précis, quelques artefacts, un nombre limité de textes et de traces, un micro-réseau, une temporalité courte ; grande échelle des macro-opérations, impliquant un grand nombre d'acteurs et d'intermédiaires, de nombreuses organisations, des acteurs-réseaux hétérogènes, des temporalités plus longues, etc. Entre le micro et le macro interviennent d'autres niveaux intermédiaires, d'autres chaînes de traduction. Une histoire processuelle, visant à cerner au plus près ces opérations de traduction, se doit de préciser constamment le niveau d'échelle retenu et, si possible, de rester à ce même niveau pour un ensemble donné de processus.

---

[30] Il faut cependant remarquer que très peu de banques de données existent au début des années 60. Parmi celles-ci, il serait intéressant de pouvoir interroger (une fois réglée la question du coût souvent prohibitif d'interrogation) les banques de données suivantes :
- *NTIS (National Technical Information Service*), créée en 1964 et qui rassemble les études scientifiques subventionnées par le gouvernement américain (le Rapport Baran y figure sans doute) ;
- *Information Science Abstracts*, créée en 1966, qui comprend des résumés de documents de toutes sortes dans le domaine des sciences de l'information ;
- *SCISearch* (*Science Citation Index*) de l'ISI (*Institute for Scientific Information*), bien que la première version en ligne ne date que de 1974.

Il est clair que notre récit a été conduit à des échelles de description différentes, pas toujours précisées ni justifiées explicitement.
Parfois le degré retenu a été très élevé, aboutissant à une description fine des micro-processus, à l'échelle des acteurs eux-mêmes. Ce fut le cas notamment pour l'évocation de l'émergence du *time-sharing*, de la controverse Teager-McCarthy, etc. Le risque encouru étant ici de verser dans une description trop détaillée, « pointilliste », perdant de vue d'autres lignes de force ou d'autres traductions plus « massives ».
A l'inverse, le suivi de certains acteurs s'est fait à une échelle moyenne, d'assez loin, ce qui ne permettait pas de retracer les opérations de traduction plus fines, la circulation des énoncés, les trajectoires des actants, etc. Nous reprendrons l'exemple du Rapport Baran, dont l'évocation fut réalisée à grands traits et centrée sur quelques points de repère essentiels. L'une des conséquences fut sans doute que notre analyse du devenir de ce rapport s'est bornée au simple constat de l'échec de Paul Baran et de ses difficultés à s'entourer d'alliés, sans pouvoir retracer réellement les processus ayant conduit à cet échec. Il aurait fallu pouvoir reconstituer par exemple la circulation du Rapport, sa réception dans les milieux des télécommunications, de l'informatique et du Pentagone, retracer les multiples aller-retour entre les critiques reçues et les modifications apportées au Rapport, etc. En bref, pour comprendre réellement les raisons de l'échec de ce projet, il fallait tenter d'en établir la « traçabilité » dans les différents réseaux d'acteurs. Or, pour des raisons tenant à la fois au corpus constitué (clairement insuffisant en ce qui concerne le Rapport Baran) et aux choix effectués, cette traçabilité a été impossible à mettre en oeuvre. On peut voir là, dans le traitement inégal de deux projets (celui de Paul Baran et celui d'ARPANET) une nouvelle entorse au « principe de symétrie » de Latour-Callon, qui suppose un traitement égal, comparable, donc opéré aux mêmes niveaux d'échelle, des succès et des échecs des processus d'innovation.

Enfin un troisième niveau d'observation a été retenu, à une échelle très large, panoramique, se limitant à citer simplement quelques projets importants (comme le projet britannique de Davies et Scantelbury), sur lesquels nous ne disposions malheureusement d'aucune donnée précise.

Ces différents niveaux d'observation sont inévitables, normaux, justifiés et constitutifs de tout travail de recherche historique. L'écriture de l'histoire n'est, à ce titre, qu'une permanente variation des degrés d'échelle de la description. Ce qui peut faire problème, dans notre travail,

est sans doute la disparité de ces niveaux, concernant des processus d'innovation comparables, comme les recherches sur la transmission par paquets. Le traitement de ce thème montre bien d'ailleurs les limites de cette histoire « processuelle », puisque les suivis des trois projets (Rapport Baran, ARPANET, projet britannique) ont été dissemblables à tous points de vue : corpus de traces et niveaux d'échelle utilisés très différents, aboutissant à des explications ne pouvant être « symétriques ».

Mais le problème ne tient pas seulement à cette inévitable disparité des niveaux d'échelle : il est lié au passage d'une échelle à une autre, au passage « du micro au macro ».

> *« Comment dès lors envisager de poser en des termes créateurs la question du passage entre les échelles spatio-temporelles, les niveaux qu'on dit pour écrire vite « Micro - Meso - Macro » ? »* [31]

Comment montrer la continuité des processus de traduction qui opèrent à la fois dans un espace-temps limité, à l'échelle d'une organisation, d'un réseau d'acteurs et à l'échelle d'un pays entier, dans une dimension temporelle plus longue ?

La question cruciale qui se pose en conclusion de ce bilan auto-critique est toujours celle de la possibilité effective d'une histoire « processuelle », latourélienne, entreprise aux mêmes niveaux d'observation ou assurant les changements d'échelle et concernant un objet aussi protéiforme qu'ARPANET.

Le suivi fin et précis des controverses suppose une forte délimitation à la fois des acteurs, de la période et du corpus, pour pouvoir descendre à l'échelle « micro » des processus. Mais l'intelligibilité du processus d'innovation n'est possible que sur la durée et sur la mise en lumière de la diversité et de l'hétérogénéité des filières et des acteurs.

Ce fut le choix opéré, qui ne pouvait aboutir qu'à un résultat hybride.

---

[31] J. M. NOYER, Numérisation du signe et histoire. Temps, narration. Enjeux et propositions, *In* M. COCAUD (textes réunis par), *Histoire et Informatique. Bases de données, recherche documentaire multimédia*, Presses Universitaires de Rennes, 1995, p. 170

7.4 Pour d'autres histoires à venir

L'histoire des infrastructures informationnelles ne fait sans doute que commencer et l'exploration de l'émergence et du devenir des réseaux numériques a au moins trois chantiers devant elle.

Tout d'abord un chantier de connaissance historique « brute » : d'une part, nous sommes loin d'en avoir fini avec l'identification et la reconstitution de tous les acteurs et actants, de tous les réseaux du développement d'ARPANET. D'autres filières peuvent être mises en lumière. D'autre part, l'histoire de l'apparition des autres réseaux (UseNet, BitNet, CSFNet, etc.), de leur connexion progressive au sein d'un Internet, l'invention et la diffusion des protocoles, en bref toute la suite du devenir d'ARPANET et de l'émergence de l'Internet dans les années 70-80 est à poursuivre, même si les grandes lignes en sont aujourd'hui mieux connues. Mais le type d'histoire que nous avons entrepris pour la période en amont d'ARPANET peut-il être poursuivi pour l'aval, compte-tenu de la diversification et de la multiplication des acteurs et actants ?

Nous voyons un deuxième chantier d'analyse historique portant sur les longues filières, la longue durée des outils d'information, notamment sur l'entrecroisement des lignées de l'hypertexte et du réseau informatique[32]. Le travail pionnier de Sylvie Fayet-Scribe[33], présentant dans un vaste tableau synoptique la « *chronologie des supports, des dispositifs spatiaux, des outils de repérage de l'information* », montre la voie de ce que pourrait être une histoire générale, ouverte, multiple, intégrant la diversité des lignées historiques et essayant de pointer les couplages, les imbrications, les relations entre des histoires restées trop longtemps dissociées (histoire des techniques de communication d'un côté et des outils d'information de l'autre par exemple). L'évolution même des outils et des techniques autour d'Internet plaide puissamment pour ce renouvellement du regard historique, par l'accélération

[32] Nous avions prévu, au début de notre travail, de traiter ce dernier aspect de l'histoire d'Internet et d'y consacrer une part importante, en retraçant l'histoire de l'hypertexte, depuis les prémonitions de Paul Otlet, les réflexions de Vannevar Bush jusqu'aux réalisations de Ted Nelson et Douglas Engelbart (qui furent les seules abordées). Malheureusement, cette longue histoire de l'hypertexte a dû être sacrifiée, à notre grand regret, pour des raisons de temps et de place.

[33] S. FAYET-SCRIBE, Chronologie des supports, des dispositifs spatiaux, des outils de repérage de l'information, *Solaris* [en ligne]. Décembre 1997, n° 4.

des phénomènes de convergence de tous ordres qu'elle entraîne : convergence des techniques, des outils, des métiers, des secteurs professionnels, des enjeux et par-là même des problématiques. Faisons l'hypothèse que dans quelques décennies, l'histoire des moyens de repérage et de recherche de l'information sera peut-être confondue avec celle des médias et des moyens de communication, tant la fusion des techniques aura été totale.

Mais cette histoire des dispositifs et des outils d'information serait à relier également à celle des idées. Ainsi serait-il fécond d'entrecroiser l'histoire de l'associationnisme anglo-saxon et celle de sa prégnance dans l'émergence des réseaux (chez Licklider) ou dans les intuitions des fondateurs de l'hypertexte (chez Bush). Philosophie associationniste, hypertexte, cybernétique, réseaux, outils de production, de recherche et de traitement de l'information, progrès des techniques informatiques s'entremêlent aujourd'hui dans l'explosion du cyberspace, nous obligeant à bousculer parfois les délimitations bien établies.

Enfin un troisième domaine de recherche nous semble devoir émerger autour de la réflexion sur les conditions d'écriture et de narration de l'histoire à l'heure de la numérisation généralisée. Comment les processus de numérisation affectent-ils à la fois les traces, les documents et les corpus des futures histoires du temps présent et les outils de traitement de ces traces ? Avec la mise en visibilité et en accessibilité d'une masse croissante d'informations disponibles sur le web et l'apparition de nombreux outils de traitement en finesse de ces informations, nous assistons à une mutation profonde des conditions mêmes de l'histoire comme récit, mutation dont il est difficile de prendre la mesure.

En effet, les nouvelles infrastructures informationnelles, incarnées dans les réseaux numériques, sont porteuses d'un double mouvement paradoxal. Par la condensation sur le temps présent et l'éclatement des espaces-temps du différé, les réseaux numériques du cyberspace paraissent nier la possibilité même d'une histoire, en tant qu'accumulation, sédimentation de traces, distanciation de l'analyse. Avec la coïncidence de l'événement, de sa couverture et de sa réception, nous entrons peut-être dans un nouvel âge de l'historicité, comme le souligne Bernard Stiegler :

> *« Les technologies analogiques et numériques inaugurent une nouvelle expérience collective aussi bien qu'individuelle du temps qui serait une sortie de l'époque historique s'il est vrai que celle-ci repose sur un temps essentiellement différé. »*[34]

---

[34] STIEGLER, Bernard. *La Technique et le temps 2 : La désorientation.* Paris : Galilée, 1996, p. 137

Les technologies numériques elles-mêmes, dont les évolutions permanentes et rapides défient l'analyse, semblent effacer leurs traces au fur et à mesure de leur avancée et sont génératrices d'oubli de leur propre histoire.
Mais à l'inverse, la numérisation et la circulation intensive des informations de toutes sortes ne cessent d'accroître la « matière » des histoires de demain. Jamais l'accès aux informations, aux données jusqu'alors inaccessibles, n'a été aussi élargi et potentiellement illimité. Cette inflation des mémoires collectives constitue, à certains égards, la garantie d'une continuation de l'histoire, même si les problèmes techniques de conservation de ces mémoires vont devenir bientôt cruciales.

Internet ne signe pas la « fin de l'histoire » mais certainement le renouvellement et la transformation de ses traces et des conditions de son écriture. L'une des mutations les plus profondes concernera vraisemblablement les outils de traitement de ces immenses masses de données. Entrevue avec l'évocation des outils de Sociologie Assistée par Ordinateur, la question des outils de recherche, de traitement et de représentation de l'information est appelée à se poser de manière cruciale dans toutes les sciences sociales et humaines.
Les Sciences de l'Information et de la Communication ne peuvent laisser ces questions aux seuls informaticiens ou aux sociologues des techniques, qui en ont été les pionniers. Elles doivent s'emparer au plus vite de ces nouveaux outils, non seulement pour les étudier et les utiliser, mais pour comprendre, dans un même mouvement, les mutations dont ils sont porteurs, le changement de regard qu'ils induisent et les nouveaux objets qu'ils font émerger.

INDEX

Note : les artefacts, les textes et les événements sont indiqués en italiques

—A—

ACM : 212; 429

Adams : 137; 138

ADI : 269

Advanced Computer Development Group : 145; 149

AFOSR : 197; 232; 277; 321; 333

Aiken : 177

Air Force Office of Scientific Research : 232; 277; 372

AN/FSQ 7 : 146

Anderson : 151; 175

Ann Arbor (réunion de) : 411; 412; 413; 414; 417; 420; 421; 426; 429; 464

ARC (*Augmentation Research Center)* : 231; 426

Army : 121; 155; 220; 247; 260; 269; 351; 360

ARPA : 25; 26; 32; 45; 155; 220; 249; 251; 264-266; 276; 286; 321; 343; 349; 351; 360; 368; 374; 377; 384; 398; 419; 430; 456; 459; 488; 497; 507; 524; 525; 527; 529-531; 537; 539

ARPA's Contractors : 155; 220; 285; 304; 305; 308; 321; 322; 339; 347; 354; 360; 365; 367; 368; 370; 400; 402; 410; 412-414; 416; 422; 423; 425-429; 432; 439; 440; 441; 449; 459; 460; 474; 505-507; 513; 514; 531

As We May Think : 43; 103; 230; 345

ASCA (*Airplane Stability and Control Analyzer) :* 136; 137; 146

ASIS : 269

AT&T : 396-398; 403; 415; 456; 473; 476; 477

—B—

Baran : 32-34; 43; 106; 355; 383; 384; 392-397; 402-404; 410; 414; 415; 430-432; 434; 448; 473; 505; 532; 536; 553-555

Barker :474; 475; 493; 494

Baruch : 176

batch processing : 161-164; 167; 194; 195; 197; 198; 213; 282; 284; 292; 310; 311; 316; 320; 359

BBN : 25; 32; 45; 50; 102; 126; 176; 180-183; 194; 200; 201; 208; 209; 211; 221; 222; 224; 227; 229; 232; 243; 272-274; 276; 277; 282; 285; 286; 303; 304; 321; 323; 324; 337; 363; 414; 421; 423-426; 434-438; 531

Bell Laboratories : 147; 149; 160; 167; 199; 341

Beranek : 43; 176; 177; 180; 208; 438; 472

Berkeley : 139; 178; 207; 230; 304; 307; 309; 356; 364; 369; 370; 493; 506

Berners-Lee : 242

Bertram : 227; 228

Betts : 251; 253

Bigelow : 132; 136

BINAC : 131; 133; 134; 135

Blue : 195; 196; 334; 354; 411; 435; 458

Bobrow : 181; 227; 228

Boilen : 182

BOLD : 269; 310

Bolt : 43; 176; 177; 425; 438; 472

Brown : 135; 145; 185; 188; 209; 210; 255; 257; 259; 270; 275; 277; 280-282; 316

Bunker-Ramo : 438

Bureau of Standards : 255; 256; 302

Burnett : 304

Burroughs : 321; 357

Bush : 43; 53; 103; 104; 111; 147; 184; 228-231; 233; 235; 239; 240-242; 247; 278; 299; 345; 346; 427; 538; 557; 561

—C—

Carr : 439; 481; 488

Case Western Reserve University : 506

CCA : 389; 438

CDC : 435

Cerf : 34; 108; 110; 439; 465; 471; 483; 484; 492; 513; 518

CIA : 303; 365

Clapp : 227; 228; 277; 346

Clark : 108; 133; 139; 140; 144; 145; 148-150; 152; 167; 180; 182; 189; 190; 191; 199; 200; 206; 211; 242; 277; 341; 345; 357; 367; 369; 385-388; 401; 402; 410; 411; 413-415; 417-423; 425; 429; 433; 434; 436; 437; 499; 507; 529
Cleven : 287; 305; 353; 354
CMU : 304; 308; 309; 341; 364; 506
Comité Licklider : 308; 312; 345
Command and Control : 179; 252; 257; 268; 270; 271; 275; 276; 280-283; 285; 286; 292; 309; 311; 316; 394
Computation Center : 147; 152; 154; 162; 169-175; 181; 185; 188; 193; 201; 202 ; 204; 205; 209; 210; 212; 217; 276; 316-318; 320; 323; 324; 330; 370; 387; 459
Conférence de Gatlingburg : 423; 495
Conférences Macy: 127; 128; 132; 210
Corbato : 110; 133; 138-140; 147; 152; 154; 162; 163; 169; 171; 183; 186; 188; 190; 191; 193; 195; 196; 199; 201-207; 209; 211; 212; 216; 243; 273; 284; 294; 311; 315; 317-326; 329-334; 345; 367; 370; 388; 412; 459
COSATI : 253
Cosell : 437; 475
Couleur : 334
Council on Library Resources : 208; 227; 228; 329
Crocker : 110; 439; 465; 471; 480-482; 484-488; 490; 492; 502; 513; 528
Crowther : 437; 475
CTSS : 155; 199; 201-206; 209; 212; 220; 243; 320; 322; 323; 325; 326; 330; 360; 389
Culler : 468
CYCLADES : 540

—D—

Daggett : 202
Daley : 202
Davies : 384; 402-404; 430-432; 434; 448; 532; 536; 554
DCA : 397; 477
DDP-516 : 437; 474; 477
DDR&E (Defense Research and Engineering) *:* 257-260; 262; 270; 280; 410
DEC (Digital Equipment Corporation) 104; 151; 175; 176; 181-183; 194; 207; 209; 221; 222; 226; 314; 273; 276; 321; 334; 357; 386; 438; 443; 495
Defender Program : 255; 256; 258; 262; 349; 352
DEL : 482; 483; 500; 518
Dennis : 182; 183; 189; 190; 193; 198-201; 206; 207; 209; 243; 276; 317; 321; 326; 429; 459
Dertouzos : 324
DEW (ligne) : 144; 146
Digital Computer Laboratory : 138
Dinneen : 401
Duvall : 481; 488; 494

—E—

Eckert : 134; 392
EDVAC : 131; 133; 135; 136
Eisenhower : 246; 248; 249; 250; 258; 259
Elias : 316; 320; 387
Elkind : 436; 437; 474
Engelbart : 24; 43; 53; 102-104; 107; 126; 216; 222; 229; 230-243; 294; 297; 304; 308; 345-347; 356; 367; 396; 412; 413; 420; 426-428; 432; 439; 445; 460; 465; 472; 494; 513; 521; 526
English : 308; 427; 461; 488
ENIAC : 131; 133; 136
ESD : 269; 315
Estrin : 465; 492
Evans : 307; 321; 356; 364; 365; 369; 412; 468-470
Everett : 137; 138; 172; 174

—F—

Fano : 43; 53; 110; 130; 178; 188; 197; 199; 206; 209; 210-212; 216; 229; 273; 276; 294; 307; 315-326; 330; 331; 333-335; 345; 346; 362; 367; 386; 396; 412; 413; 415; 422; 427; 513; 528
Feinler : 478
Fernbach : 357
Forrester : 136-139; 144; 145; 147; 152; 160; 175; 177; 185; 199
Fredkin : 181; 182; 200; 209; 227; 324
Frick : 145; 282
Fried : 468
Frosh : 254; 257; 265; 349; 350
FTP : 24; 482; 483
Fubini : 281; 282

—G—

Garfield : 252
General Electric : 139; 194; 250; 321; 326; 334
Glazer : 321
Goldstine : 132
Goodenough : 145
guerre du Vietnam : 301; 351; 353; 456; 472; 490; 512
Gurley 182; 209

—H—

Harvard : 128; 147; 177-179; 181; 277; 282; 304; 343; 347; 365; 459; 505
Heart : 414; 421; 423; 425; 426; 434-437; 457; 473; 474; 476; 477
Herzfeld : 253-258; 260; 262; 264; 265; 275; 276; 284; 342; 348-351; 357; 394; 399-401; 410; 456; 530
Hill : 143; 188; 192; 316; 387
H-LAM/T : 237; 238; 241; 426
Honeywell : 50; 437; 474; 475; 476; 493
Huskey : 307; 356

—I—

IBM : 134; 147; 148; 150-153; 163; 169-175; 188; 190; 192-198; 206; 321; 328; 334; 335; 341; 363; 370; 415; 435; 473; 494; 545
IBM 360 : 195; 435
IBM 701 : 131; 133-135
IBM 7030 : 191
IBM 704 : 153; 162; 169; 170
IBM 709 : 202; 205
IBM 7090 : 173; 175; 205
ICSI : 269
IETF 514
ILLIAC : 357; 364; 376; 432
IMP (*Interface Message Processor)* : 51; 155; 220; 360; 376; 413; 420-425; 430; 432-434; 437-440; 454-457; 462; 464; 473-477; 480; 481; 491-495; 499; 500; 514; 518; 529
INTREX : 109; 116; 326; 327; 328; 329; 331
INWG : 484
IPTO : 46; 50-53; 118; 126; 197; 206; 272; 281; 289; 299; 300-314; 316; 323; 333; 339; 347; 349; 350; 356; 358; 363; 367; 368; 370; 371; 373; 377-379; 381; 384; 388; 389; 398; 400; 410; 416; 418; 424-426; 428; 430; 432-434; 438; 455; 460; 465; 471; 473; 475; 480; 501; 502; 506; 507; 514; 527; 531
ISI : 252
ISTO : 354

—J—

Johnson : 247; 250; 251; 351

—K—

Kahn : 108; 110; 348; 421; 423; 424; 425; 426; 429; 432; 434; 437; 464; 474-476; 483; 488; 491; 492; 499; 518; 528
Kain : 227; 228
Kemeny : 212
Kennedy : 53; 128; 210; 251-253; 256; 258; 259; 266; 277; 303; 344
Kessler : 327
Killian : 248
Kissinger : 256
Kleinrock : 34; 45; 107; 108; 229; 341; 384-387; 390; 391; 395; 402-405; 412; 422; 430; 432; 434; 448; 456; 464; 465; 467; 471; 472; 479; 480; 493; 494; 528; 536
Kline : 494

—L—

Lampson : 357; 369
LCS : 324
Licklider : 23-24; 36; 43; 53; 104; 110; 118; 120; 126; 128-130; 133; 139; 142; 151; 155; 167; 170; 176-182; 197; 198; 206; 208-212; 216; 217; 220-229; 232; 233; 240-242; 252; 254; 258; 264-266;
271-273; 275-321; 323-327; 331; 333; 339-347; 351-353; 355-358; 360; 362; 363; 367; 370-372; 375; 377; 378; 381; 388-390; 396; 398; 399-402; 410; 412; 414; 422; 427; 435; 436; 438; 442-451; 456; 505-507; 512-514; 526; 529; 537; 538; 557
Lincoln Laboratory : 130; 140-149; 154; 155; 175; 177; 178-185; 188; 198; 211; 220; 227; 243; 270; 277; 282; 300; 304; 316; 321; 341; 357; 360; 369; 372;

385-391; 400; 401; 405; 414; 418; 425; 436; 437; 459; 464; 488; 506
Long Range Computation Study Group : 106; 188; 190; 192; 200; 201; 207; 212; 317

—M—

Macromodule : 357; 359; 369; 373; 380; 419; 437
Maison Blanche : 251; 258; 265; 302; 303; 351
Man-Computer Symbiosis : 43; 104; 105; 181; 221; 222; 223; 225-227; 278; 293
Manhattan Project : 54; 133; 247; 278
Marill : 221; 359; 384; 389; 398; 438
Mauchly : 134; 392
McCarthy : 43; 45; 53; 101; 105; 107; 110; 162; 164; 167-175; 181-183; 186; 188-191; 193; 195; 198-202; 206; 208-212; 229; 243; 273; 274; 276; 304; 309; 311; 317; 318; 321; 323; 325; 363; 364; 412; 422; 506; 528; 554
McCulloch : 127; 128; 132
McElroy : 246-248; 258; 259; 260
McKenzie : 110
McNamara : 253; 255; 257; 259; 275
Memory Test Computer : 139; 145
MGH : 304
Minsky : 169; 181; 189; 198; 210; 318; 320; 341; 358; 363; 381; 386; 412; 422
MIT : 52; 105; 106; 115; 120; 125-131; 133; 135-139; 141-144; 146-148; 151; 153; 154; 162-164; 166-198; 201-213; 215-217; 226-229; 232; 240; 242; 243; 248; 252; 270; 272-274; 276; 277; 282; 284; 286; 293; 299-301; 303-305; 307; 309; 315-334; 337; 341; 345; 356-359; 362; 363; 370; 372; 385-389; 393; 402; 412; 417; 422-425; 429; 435; 437; 450; 459; 461; 505
MITRE : 150; 270; 277; 281; 315
Mooers : 110
Morse : 139; 140; 152-154; 162; 164; 169-173; 185; 188; 201; 209; 276; 316; 317; 321; 393
MTC : 139; 145; 148; 149
Multics : 326; 327; 333-335

—N—

NACA : 230; 247
NASA : 40; 230; 247; 250; 252; 256; 302; 308; 345; 372; 506
NASA-AMES : 506
National Bureau of Standards : 255
Navy : 121; 136-138; 142; 155; 176; 197; 220; 230; 247; 254; 260; 269; 345; 351; 360; 371
NCP : 483
Nelson : 105; 133; 242; 556
Network Working Group : 440; 466; 472; 479; 483; 484; 485; 495
Newell : 223; 304; 308; 356; 358; 363
Newman : 43; 176; 438; 472
NIC : 180; 357; 373; 420; 422; 425; 426-429; 462; 472; 478-480; 489
NIH (*National Institutes of Health) :* 182; 277; 302; 357; 367; 372; 373; 374; 375; 381
NIL : 482; 483; 500; 518
NLS : 413; 426; 427; 428; 460; 461
NMC : 405; 422; 464; 465; 466; 472; 478; 479; 480; 492
NPL : 402
NRL : 254; 255; 256
NSA : 303; 341; 347
NSF *(National Science Foundation)* : 153; 169; 170; 173; 169; 170; 173; 205; 206; 252; 269; 277; 302; 320; 321; 333; 363; 367; 372-375; 377-381
Nuclear Test Detection Office : 257; 262; 349
NWG : 422; 440; 456; 461; 472; 475; 478-489; 492; 494; 495; 500; 512-514

—O—

Olsen (ou Olson) : 137-139; 145; 148-151; 175; 181; 385; 386
ONR (*Office of Naval Research)* : 137-139; 146; 147; 197; 277; 321; 333 ; 372

Ornstein : 110; 436; 437; 472; 475; 493
OSIS : 252
OTAN : 269
Otlet : 556
Overhage : 109; 327-329

—P—

Pakin : 145

PDP-1 : 175; 176; 181-183; 189; 198; 201; 207; 209; 227; 229; 323; 334
PDP-6 : 198
Pentagone : 26; 34; 49; 53; 60; 121; 134; 141; 143; 150; 151; 153; 155; 175; 197; 198; 220; 232; 245-251; 253; 254; 257-260; 262; 264; 265; 269; 277; 280-282; 284; 287; 298; 299; 301-303; 329; 339; 341; 342; 343; 348-351; 354; 355; 360; 369; 371-373; 377; 379; 393; 396; 397; 399; 410; 430; 456; 458; 472; 477; 531; 554
Perlis : 151; 212; 304; 308; 321; 356; 388
Pierce : 212
Planning Office : 268; 269; 270; 315
Postel : 108; 412; 416; 465; 471; 483; 487; 492; 513
Pouzin : 540
Principal Investigators : 305; 307; 368; 411
Project Charles : 142
Project Genie : 307; 356; 364; 469
Project Hartwell : 142
Project MAC : 116; 151; 155; 194; 198; 203; 211; 220; 274; 289; 294; 299-301; 305; 307; 308; 315-317; 319-337; 341; 356; 358; 360; 362; 363; 380; 402; 413; 435; 459; 512; 529
PSAC : 252; 258; 303

—Q—

Q-32 : 280; 370; 389

—R—

RAND Corporation : 34; 43; 50; 106; 134; 197; 243; 273; 276; 310; 358; 363; 383; 384; 392; 393; 397; 402; 488; 505
Raytheon : 438
Rechtin : 348-350; 433; 458
Reintjes : 109; 147; 327; 329
Remington Rand : 134; 147
RFC (*Request For Comments)* : 42; 44; 49; 106; 116; 454; 478; 481-490; 502; 512; 518; 530
RFQ : 376; 433; 435
Rising : 437
RLE (Research Laboratory for Electronics) : 128-130; 142; 144; 178-180; 182; 185; 210; 318
Roberts : 34; 45; 108; 110; 122; 155; 220; 229; 294; 312; 314; 323; 333; 341; 343; 348; 350; 353; 354; 356; 359; 360; 375; 376; 384-391; 398; 400-402; 404; 405; 408; 410-415; 417; 418; 420-427; 429-439; 455-458; 461; 462; 464; 465; 477; 480; 482; 483; 488; 494; 495; 497; 499; 500; 504; 505; 513; 526-531
Rochester : 194; 334
Rosenblueth : 127; 132
Ross : 172; 185; 189; 243; 317; 318; 321; 325; 341
RPQ (Request for Price Quotation) : 171
Ruina : 253-257; 259; 260; 262; 264-266; 275; 276; 280; 282-284; 299; 301; 348; 349; 352
Rulifson : 439; 481; 488
Russell : 172

—S—

SABRE (*Semi Automatic Business Related Environment)* : 165; 447
SAC : 270
SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment) :* 52; 125; 126; 131; 140; 141; 144-146; 148; 150; 151; 153; 164; 165; 167; 170; 172; 174; 197; 246; 268-270; 280; 281; 305; 307; 310; 372; 393; 425
Scantelbury: 384; 402-404; 430; 431; 434; 448; 533; 537; 554
Schwartz : 110; 311
SDC (System Development Corporation) : 194; 197; 198; 257; 269; 275; 276; 280; 283; 286; 288; 300; 304; 307; 309-311; 322; 323; 337; 352; 356; 370; 389; 393; 430; 450; 488; 507
SDS : 207; 307; 356; 417; 471; 492; 493; 494
Servomechanisms Laboratory : 135; 136; 138; 185
Shannon : 129; 178; 210; 212; 268; 341; 386; 473
Shapiro : 424; 433; 434; 439; 456; 461; 471; 481; 488; 513
Shaw : 223; 243
Siegel : 170; 172
Sigma-7 : 417; 466; 492; 493
Simon : 139; 223; 242
Sketchpad : 341; 386
Slotnik : 357; 369
Snow : 212
Spoutnik : 32; 245; 246; 247; 248; 249

Sproull : 262; 342; 348; 349
SRI : 50; 51; 118; 125; 230-233; 240; 304; 308; 337; 345; 356; 363; 412; 417; 421; 426-428; 433; 439; 440; 445; 454-456; 459-461; 463; 465; 468; 469; 471; 472; 478; 481; 483; 487; 488; 493-495; 505; 506
Stanford : 104; 107; 162; 164; 178; 192; 193; 209; 230; 233; 238; 273; 274; 304; 309; 318; 321; 332; 363; 426; 428; 433; 450; 460-462; 506
Stibitz : 149; 167
Strachey : 174; 212; 274
Stratton : 184; 192; 209; 316; 317
Stretch : 191; 192
Sutherland : 110; 243; 302; 312; 340-344; 346-350; 353; 354; 356-359; 362-365; 367; 369; 373-376; 380; 381; 386-391; 398; 400-402; 412; 432; 464; 468-470; 505-507; 529
Symbiont : 228; 229

—T—

Taylor : 23; 34; 51; 54; 105; 110; 133; 184; 216; 226; 294; 295; 302; 308; 309; 312; 314; 340; 343-351; 353; 354; 356-359; 362-365; 367-370; 375; 376-381; 384; 390; 398-402; 404; 408; 410-418; 421; 422; 425; 427; 429; 431; 436; 442-451; 455; 456; 468; 469; 497; 505; 507; 512; 513; 526; 530; 531
TCP / IP : 483
Teager : 106; 170; 172-175; 181; 188; 190-193; 195; 200-207; 209; 212; 216; 217; 242; 273; 317; 318; 528; 554
Telnet : 482; 483; 494; 495
Thatch : 493
Townes : 184; 209; 316
TX-0 : 145; 149; 150; 182; 183; 199; 277; 341; 418
TX-2 : 145; 149; 150; 182; 199; 200; 211; 243; 277; 341; 357; 385; 386; 387-389; 401; 417; 418

—U—

UCB : 307; 337; 506
UCLA : 50; 51; 118; 125; 277; 304; 309; 358; 359; 387; 392; 412; 417; 439; 440; 454; 455; 459; 462; 464-469; 471-473; 476; 478; 480-482; 487; 488; 491-495; 499; 505
UCSB : 50; 459; 468; 488; 494
UNIVAC : 131; 133-135
UNIX : 506
US Air Force : 121; 142; 146-148; 155; 179; 185; 197; 208; 220; 221; 254; 351; 360
Utah : 50; 309; 365; 369; 440; 459; 468; 470; 471; 488

—V—

Verzuh : 154
Von Neumann : 105; 131; 132; 134; 136; 138; 177; 243; 275

—W—

Walden : 436; 437; 475
Waxman : 373
Weil : 334
Weinberg : 252; 253; 303
Weingarten : 110; 367; 373; 379
Weizenbaum : 321
Wessler : 354; 368; 410; 412; 425; 433; 439; 455-458; 461; 494
Westervelt : 412; 413; 420; 439
Whirlwind : 120; 125; 126; 131; 133; 135; 137-141; 144-150; 152-157; 159; 162; 167; 169; 172; 175; 178; 185; 189; 199; 201; 217; 220; 360; 372; 387; 390; 391; 425
Wiener : 52; 105; 127-129; 132; 136; 142; 177; 210; 212; 221; 268; 295; 345; 346; 442; 538
Wiesner : 128; 129; 178; 210; 252; 256; 258; 265; 277; 303; 346
Wingfield : 465; 492

—Z—

Zraket 150; 151; 172; 174; 281; 343

BIBLIOGRAPHIE

1/ Références bibliographiques générales

AITKEN, Hugh. Science, technique et économie. Pour une problématique de la traduction. *Réseaux*, juillet-août 1993, n° 60, p. 61-85

AKRICH, Madeleine. Comment décrire les objets techniques ?. *Techniques et Culture*, janvier-juin 1987, n° 9, p. 49-64

-. De la sociologie des techniques à une sociologie des usages. L'impossible intégration du magnétoscope dans les réseaux câblés de première génération. *Techniques et Culture*, 1990, n° 16, p. 83-110

-. Les Formes de la médiation technique. *Réseaux*, juillet-août 1993, n° 60, p. 90

-. Les Objets techniques et leurs utilisateurs. *Raisons Pratiques*, 1993, n° 4, p.35-57

-. Comment sortir de la dichotomie technique/société présentation des diverses sociologies de la technique. In LATOUR, Bruno et LEMONNIER, Pierre (sous la direction de). *De la préhistoire aux missiles balistiques. L'Intelligence sociale des techniques.* Paris : La Découverte, 1994. p. 105-131

ARON, Raymond. *La Philosophie critique de l'histoire*. Paris : Julliard, 1987. 374 p.

L'Avenir du Web. Spécial Internet. *La Recherche*, n° 328, février 2000, p. 15-100

BARDINI, Thierry. Diffusionnisme, constructivisme et modèle technique : ébauche d'une approche communicationnelle du changement technico-social. *Technologies de l'information et Société*, 1993, vol. 5, n° 4, p. ?

BARDINI, Thierry, HORVATH, August T. The Social Construction of the Personnal Computer User. *Journal of Communication*, été 1995, vol. 45, n° 3. p. 40-65

BEAUD, Paul. L'âge du capitaine : sur quelques problèmes méthodologiques et concepts de la sociologie de la science et de la technique. *Réseaux*, juin 1989, n° 36, p. 9-30

BEAUNE, Jean-Claude. *Philosophie des milieux techniques. La matière, l'instrument, l'automate*. Seyssel : Champ Vallon, 1998. Milieux

BERA, Michel, MECHOULAN, Eric. *La Machine Internet*. Paris : Odile Jacob, 1999.

BOUGNOUX, Daniel. *Sciences de l'information et de la communication.* Paris : Larousse, 1993. (Textes essentiels)

BOULLIER, Dominique, CHARLIER, C.. A chacun son Internet. *Réseaux*, novembre-décembre 1997, n° 86, p. 161-181

BOURDE, Guy, MARTIN, Hervé. *Les Ecoles historiques.* Paris : Seuil, 1983. (Points Histoire)

BOWKER, Geoffrey C., NOYER, Jean-Max (Trad.). L'Histoire des infrastructures informationnelles. *Solaris* [en ligne]. n° 4, décembre 1997. 17 p. Disponible sur le WWW : <http://www.info.unicaen.fr/bnum/jelec/Solaris/>

BRETON, Philippe. *Une Histoire de l'informatique.* Paris : La Découverte, Seuil, 1990. (Points. Sciences)

-. *L'Utopie de la communication. L'émergence de "l'homme sans intérieur".* Paris : La Découverte, 1992. (Cahiers libres / essais)

-. *A l'image de l'Homme. Du Golem aux créatures virtuelles.* Paris : Seuil, 1995. (Science ouverte)

BUTLER, Samuel. *Erewhon*. Paris : Gallimard, s.d. Le Livre des Machines, p. 235-266 (L'Imaginaire)

CACCOMO, Jean-Louis. La Numérisation : Analyse en termes de trajectoire technologique. *Terminal*, Hiver 1997-98, p. 109-128

CALLON, Michel. Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année Sociologique*, 1986, vol. 36, n° spécial, p. 169-208

-. Réseaux technico-économiques et irréversibilités. In BOYER, Robert, CHAVANCE, Bernard, GODARD, Olivier (sous la dir.). *Les Figures de l'irréversibilité en économie.* Paris : Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1991. p. 195-230

CALLON, Michel, LATOUR, Bruno. Le Grand Léviathan s'apprivoise-t-il ?. In GRAS, Alain, POIROT-DELPECH, Sophie (sous la dir.). *L'Imaginaire des techniques de pointe au doigt et à l'oeil.* Paris : L'Harmattan, 1989. p. 71-93

CHALMERS, Alan F. *Qu'est-ce que la science ? Récents développements en philosophie des sciences : Popper, Kuhn, lakatos, Feyerabend.* Paris : La Découverte, 1987 (Le Livre de Poche)

CHATEAU, Jean-Yves. « Technophobie et optimisme technologique modernes et contemporains ». *in* COLLEGE INTERNATIONAL DE PHILOSOPHIE. *Gilbert Simondon. Une pensée de l'individuation et de la technique.* Paris : Albin Michel, 1994. p. 115-172

CHATEAURAYNAUD, Francis. Forces et faiblesses de la nouvelle anthropologie des sciences. *Critique*, juin-juillet 1991, n° 529-530, p.459-478

COLLEGE INTERNATIONAL DE PHILOSOPHIE. *Gilbert Simondon. Une pensée de l'individuation et de la technique.* Paris : Albin Michel, 1994. (Bibliothèque du Collège International de Philosophie)

COURTIAL, Jean-Pierre, POCHON, Jeanine, VILAIN, Claude. L'étude d'un concept nouveau à partir de réseaux de mots-clés. Application à la didactique des sciences. *Documentaliste-Sciences de l'information*, vol. 31, n° 4-5, 1994, p. 199-204

COURTIAL, Jean-Pierre, KERNEUR, Léna. La Méthode des mots-associés, outil d'analyse du changement social. *Histoire & Mesure*, 1997, vol. XII, n° 3/4, p. 251-270

DANIEL-VATONNE, Marie-Catherine. Hypertextes : des principes communs et des variations. *Technique et Science Informatiques*, vol. 9, n° 6, p. 475-492

DEBRAY, Régis. *Cours de médiologie générale.* Paris : Gallimard, 1991

DEBRAY, Régis. *Manifestes médiologiques*. Paris : Gallimard, 1994

DEFORGE, Yves. *De l'éducation technologique à la culture technique*. Paris : ESF, 1993 (Pédagogies)

DELEUZE, Gilles, GUATTARI, Félix. *Mille plateaux. Capitalisme et schizophrénie.* Paris : Minuit, 1980

DELEUZE, Gilles, PARNET, Claire. *Dialogues*. Paris : Flammarion, 1996. (Champs)

DERY, Mark. *Vitesse virtuelle La cyberculture aujourd'hui*. Paris : Ed. Abbeville, 1997. (Tempo)

DION, Emmanuel. *Invitation à la théorie de l'information*. Paris : Seuil, 1997. (Points Sciences)

Dossier : les médiations. *Réseaux*, juillet-août 1993, n° 60, p. 5-120

DUFOUR, Arnaud. *Internet.* Paris : PUF, 1995. (Que sais-je ?)

DUPUY, Jean-Pierre. *Aux origines des sciences cognitives*. Paris : La Découverte, 1999. (Poche ; 69 ; Sciences humaines et sociales)

L'Empire des techniques. Paris : Seuil, 1994. (Points Sciences)

FAYET-SCRIBE, Sylvie. Chronologie des supports, des dispositifs spatiaux, des outils de repérage de l'information. *Solaris.* [en ligne]. n° 4, décembre 1997. [référence du 11 mars 1998]. Disponible sur World Wide Web :
<http://www.info.unicaen.fr/bnum/jelec/Solaris/d04/4fayet_0intro.html#RTFToC2>

FLICHY, Patrice. *L'Innovation technique. Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation.* Paris : La Découverte, 1995. (Sciences et société)

-. La Normalisation : un processus d'explicitation du travail technique. Le cas des caractères du vidéotex. *Réseaux*, n°87, 1998. p. 105-116

-. Internet ou la communauté scientifique idéale. *Réseaux*, n° 97, 1999. p. 77-120

FLICHY, Patrice, CABY, Laurence (coord.). Dossier : les usages d'Internet. *Réseaux*, mai-juin 1996, n° 77, p. 5-113

FLORIDI, Luciano. *Internet*. Paris : Flammarion, 1997 (Dominos)

FOUCAULT, Michel. *L'Archéologie du savoir.* Paris : Gallimard, 1969. (NRF)

GOODY, Jack. *La Raison graphique : la domestication de la pensée sauvage*. Paris : Minuit, 1979

GUEDON, Jean-Claude. *La planète cyber. Internet et cyberspace*. Paris : Gallimard, 1996. (Découvertes Techniques)

GUEDON, Jean-Claude. La force de l'intelligence distribuée. *La Recherche*, n° 328, février 2000, p. 16-22

GUILLAUME, Marc (sous la dir. de). *Où vont les autoroutes de l'information ?* Paris : Descartes et Cie, 1997. (Interfaces-économie)

HENNION, Antoine. De l'étude des médias à l'analyse de la médiation : esquisse d'une problématique. In BOUGNOUX, Daniel. *Sciences de l'Information et de la Communication*. Paris : Larousse, 1993. p. 687-697. (Textes essentiels)

HUITEMA, Christian. *Et Dieu créa l'Internet...* Paris : Eyrolles, 1995

ISAMBERT, François-André. Un "programme fort" en sociologie de la science ?. *Revue française de sociologie*, juillet-septembre 1985, vol. 26, n° 3, p. 485-507

ISRAEL, Rachel, AUFFRET, Gwendal. Une mémoire de l'émergence : vers un outillage conceptuel et socio-technique de la coopération. *Solaris.* [en ligne]. n° 5, janvier 1999. 37 p. [réf. du 10 mars 1999]
Disponible sur WWW : <http://www.info.unicaen.fr/bnum/jelec/Solaris/d05/5israel.html>

JOUET, Josiane. Pratiques de communication et figures de la médiation. *Réseaux*, juillet-août 1993, n° 60, p. 99-120

JULLIEN, François. *La Propension des choses. Pour une histoire de l'efficacité en Chine.* Paris : Seuil, 1992. (Des travaux)

LANDOW, George P. *Hypertext and Critical Theory*. [En ligne]. John Hopkins University Press, 1992. [réf. du 29 décembre 1998]. Disponible sur WWW : http://muse.jhu.edu/press/books/landow/Contents.html>

LATOUR, Bruno. *Les Microbes guerre et paix, suivi de Irréductions.* Paris : Métailié, 1984. 281 p. (Pandore)

-. Le Travail de l'image ou l'intelligence scientifique redistribuée. *Culture Technique*, 1991, n° 22, p. 12-24

-. « Il faut qu'une porte soit ouverte ou fermée... Petite philosophie des techniques ». In *La Technoscience. Les fractures du discours.* Paris : L'Harmattan, 1992. p.27-40
-. « Les « Vues » de l'esprit. Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques ». In BOUGNOUX, Daniel. *Sciences de l'Information et de la Communication.* Paris : Larousse, 1993. p. 570-596

-. « De l'humain dans les techniques ». In *L'Empire des techniques.* Paris : Seuil, 1994. (Points Sciences). p. 167-179

-. *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique.* Paris : La Découverte, 1994

-. Une sociologie sans objet ? Remarques sur l'interobjectivité. *Sociologie du Travail*, octobre 1994, n° 4, p. 587-607

-. *Le Métier de chercheur : regard d'un anthropologue. Conférence-débat à l'INRA, Paris, le 22 septembre 1994.* Paris : INRA, 1995. 95 p. (Sciences en question)

-. Les objets ont-ils une histoire ? Rencontre de Pasteur et de Whitehead dans un bain d'acide lactique. *In* STENGERS, Isabelle (sous la coord. de). *L'Effet Whitehead.* Paris : Vrin, 1994. p. 197-217

-. *La Science en action : Introduction à la sociologie des sciences.* 2ème éd., rev. par l'auteur. Paris : Gallimard, 1995. (Folio Essais)

-. Note sur certains objets chevelus. *Nouvelle revue d'ethnopsychiatrie* [en ligne]. n° 27, 1995. p. 21-36. Disponible sur WWW : <http://www.ensmp.fr/~latour/ article.html>.

-. Moderniser ou écologiser. A la recherche de la "septième" cité. *Ecologie politique* [en ligne]. n° 13, 1995. p. 5-27. Disponible sur WWW : <http://www.ensmp.fr/ ~latour/article.html>

-. Philosophie contre sociologie des sciences, une querelle enfin dépassée ? *Le Débat* [en ligne]. n° 92, 11-12 1996. p. 153-163. Disponible sur WWW : <http://www.ensmp.fr/~latour/article.html>

-. Lettre à mon ami Pierre sur l'anthropologie symétrique. *Ethnologie Française* [en ligne]. vol. XXVI, n° 1, 1996. p. 32-36.
Disponible sur WWW : <http://www.ensmp.fr/~latour/popart.html>

-. On ne peut rien contre la fatalité des faits. [en ligne]. In CORCUFF (sous la dir. de). *Misère de la pensée unique*. Paris : La Découverte, 1997. Disponible sur WWW : <http://www.ensmp.fr/~latour/popart.html>. 7 p.
-. The Trouble with Actor-Network Theory. [en ligne]. In OLSEN, Finn.Om aktor-netvaerksteroi. Nogle fa afklaringer og mere end nogle fa forviklinger. *Philsophia*, vol. 25, n° 3 et 4 1997. p. 47-64. Disponible sur WWW : <http://www.ensmp.fr /~latour/popart.html>

-. *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*. Paris : La Découverte, 1999 (Armillaire)

LATOUR, Bruno et LEMONNIER, Pierre (sous la direction de). *De la préhistoire aux missiles balistiques. L'Intelligence sociale des techniques.* Paris : La Découverte, 1994

LATOUR, Bruno, TEIL, Geneviève.The Hume machine. Can association networks do more than formal rules ?. *SEHR*, juin 1995, vol. 4, n° 2. Disponible sur WWW : <http://shr.stanford.edu/shreview/4-2/text/teil-latour.html>

LATOUR, Bruno, HERMANT, Emilie. *Paris ville invisible*. Paris : La Découverte, Institut Synthélabo, 1998 (Les Empêcheurs de penser en rond)

LAUFER, Roger et SCAVETTA, Domenico. *Texte, hypertexte, hypermédia.* Paris : PUF, 1992. (Que sais-je ?)

LEROI-GOURHAN, André. *Le Geste et la Parole. Tome 1 : Technique et langage.* Paris : Albin Michel, 1964

-. *Le Geste et la Parole Tome 2 : la mémoire et les rythmes*. Paris : Albin Michel, 1965

-. *L'Homme et la matière. Tome 1 : Evolution et techniques*. Paris : Albin Michel, 1971.

LEVY, Pierre. *Les Technologies de l'intelligence. L'avenir de la pensée à l'ère informatique.* Paris : La Découverte, 1990

-. *Qu'est-ce que le virtuel ?*. Paris : La Découverte, 1995

-. *Cyberculture. Rapport au Conseil de l'Europe.* Paris : Odile Jacob, 1997

MASSIE, Jean-Marc. Société et nouvelles technologies de l'information et de la communication : pour une indétermination socio-technique. *Technologies de l'Information et Société*, 1993, vol. 5, n°3, p. 237-273

MATALON, Benjamin. Sociologie de la science et relativisme. *Revue de synthèse*, juillet-septembre 1986, série 4, n° 3, p. 267-287

MATTELART, Armand. *La Communication-monde : histoire des idées et des stratégies.* Paris : La Découverte, 1992. (Textes à l'appui)

MATTELART, Armand. *La Mondialisation de la communication.* Paris : PUF, 1996. (Que sais-je ?)

NOIRIEL, Gérard. *Sur la "crise" de l'histoire*. Paris : Belin, 1996 (Socio-Histoires)

NOYER, Jean-Max. Numérisation du signe et histoire. Temps, narration. Enjeux et propositions. *In* COCAUD, Martine (textes réunis par). *Histoire et Informatique. Bases de données, recherche documentaire multimédia*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 1995 (Histoire). p. 161-171

-. Scientométrie, Infométrie :pourquoi nous intéressent-elles ?. In NOYER, Jean-Max (sous la dir. de). *Les Sciences de l'information. Bibliométrie Scientométrie, Infométrie.* Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 1995. p. 175-199. (Solaris ; 2)

-. Utilisation d'un outil infométrique "Candide" dans le contexte d'une réflexion stratégique. Les réseaux de simulation distribuée de l'armée des Etats-Unis : émergence et description de l'émergence. In NOYER, Jean-Max (sous la dir. de). *Les Sciences de l'information. Bibliométrie Scientométrie Infométrie.* Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 1995. p. 153-173. (Solaris ; 2)

NOYER, Jean-Max, CHARTRON, Ghislaine, FAYET-SCRIBE, Sylvie (dir.). *Pour une nouvelle économie du savoir. Solaris, Dossier du GIRSIC n° 1.* Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 1994. (Solaris ; 1)

OTLET, Paul. *Traité de Documentation : le Livre sur le livre. Théorie et pratique.* Bruxelles : Mundaneum, 1934

PARROCHIA, Daniel. *Philosophie des réseaux.* Paris : PUF, 1993. (La Politique éclatée)

PRADES, Jacques (sous la dir. de). *La Technoscience : les fractures des discours.* Paris : L'Harmattan, 1992. (Logiques Sociales)

QUERE, Louis. Les Boîtes noires de B. Latour ou le lien social dans la machine. *Réseaux*, juin 1989, n° 36, p. 97-117

RAYWARD, W. Boyd. Visions of Xanadu : Paul otlet (1868-1944) and Hypertext. *Journal of the American Society for Information Science*, n° 45 (4), mai 1994, p. 235-250

RENCONTRES INTERNATIONALES GILLES DELEUZE (1996, Rio de Janeiro - São Paulo). *Gilles Deleuze Une vie philosophique.* ALLIEZ, Eric (sous la dir. de). Le Plessis-Robinson : Institut Synthélabo pour le progrès de la connaissance, 1998. 576 p. (Les Empêcheurs de penser en rond)

RIEUSSET-LEMARIE, Isabelle. P.Otlet's Mundaneum and the International perspective in the History of Documentation and Information Science. *Journal of the American Society for Information Science*, n° 48 (4), avril 1997, p. 301-309

ROBERT, Pascal. Pour une théorie sociétale de l'informatique. *Terminal*. [en ligne]. 1995, n° 67. [référence du 19 décembre 1997]. Disponible sur WWW : <http://weblifac.ens-cachan.fr/Terminal/textes/identite67.html>

RUYER, Raymond. *La Cybernétique et l'origine de l'information*. Paris : Flammarion, 1968. (Science de la nature)

SERFATY, Viviane. L'Internet : fragments d'un discours utopique. *Communication et langages*, n° 119, p. 106-117

SERRES, Alexandre. *Hypertexte : ancien principe pour nouvelles technologies*. Mémoire de Maîtrise Sciences de l'Information et de la Communication : Université Rennes 2, 1993. 95 p.

-. Hypertexte : une histoire à revisiter. *Documentaliste - Sciences de l'information*, vol. 32, n° 2, mars-avril 1995, p. 71-83

-. *L'Obsession de la "question technique". Pour un autre regard sur les technologies numériques*. Mémoire de DEA : Sciences de l'Information et de la Communication : Université Rennes 2, 1995. 112 p.

-. Du time-sharing à Arpanet : pour une histoire des réseaux et "acteurs-réseaux" d'Internet. In SOCIETE FRANCAISE DES SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION. Congrès national (11 : 1998 : Metz). *Médiations sociales, systèmes d'information et réseaux de communication*. Metz : SFSIC, 1998. p. 193-204

SERRES, Michel. *Les Origines de la géométrie*. Paris, Flammarion, 1993

SIBONY, Daniel. Entre dire et faire : penser la technique. *Culture Technique*, janvier 1991, n° 22, p. 159-164

SIMONDON, Gilbert. *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris : Aubier, 1989

SOCIETE FRANCAISE DES SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION. Congrès national (11 : 1998 : Metz). *Médiations sociales, systèmes d'information et réseaux de communication*. Metz : SFSIC, 1998

STIEGLER, Bernard. Technologies de la mémoire et de l'imagination. *Réseaux*, 1986, n° 16, p. 63-87

-. L'effondrement techno-logique du temps. *Traverses*, septembre 1988, n° 44-45, p. 50-57

-. *La Technique et le temps 1 : La faute d'Epiméthée*. Paris : Galilée, 1994

-. *La Technique et le temps 2 : La désorientation.* Paris : Galilée, 1996

STOURDZE, Yves. *Pour une poignée d'électrons. Pouvoir et communication.* Paris : Fayard, 1987

THERY, Gérard. *Les Autoroutes de l'information. Rapport au Premier ministre.* Paris : Documentation Française, 1994. (Rapport officiel)

VEYNE, Paul. *Comment on écrit l'histoire. Suivi de Foucault révolutionne l'histoire*. Paris : Seuil, 1978. (Points Histoire)

VINCK, Dominique (sous la coord. de). *Gestion de la recherche. Nouveaux problèmes, nouveaux outils.* Bruxelles : De Boeck-Wesmael, 1991. (Management)
VINCK, Dominique. *Sociologie des sciences.* Paris : Armand Colin, 1995. (Coll. U. Sociologie)

VIRILIO, Paul. *L'art du moteur.* Paris : Galilée, 1993. (L'espace critique)

2/ Références bibliographiques du corpus de recherche

BENNAHUM, David, ENGELBART, Douglas. *Part Three of Doug Engelbart : The Interview*. [En ligne]. [USA] : David Bennahum, Electric Minds, date inconnue. [réf. de mars 1997]. Disponible sur WWW : <http://www.minds.com/cgi-bin/maslink.cgi/>

BOWKER, Geof. *Thoughts on the history of the Internet. (Comments on session on the history of the Internet at the Society for Social Studies of Science..; Charlottesville, 18-22 octobre 1995.* [En ligne] Courrier électronique à Phil Agre, 1 novembre 1995. [réf. du 24 mars 1998] [4 p.]. Disponible sur WWW <http:www.eff.org/pub/Net_culture/internet.history>

BUCKLAND, Michael. Documentation, Information Science, and Library Science in the USA. *Information Processing & Management*, vol. 32, n° 1, 1996. p. 63-76

BUSH, Vannevar. As We May Think. In NYCE, James M., KAHN, Paul (sous la dir. de). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine.* San Diego (CA) : Academic Press, 1992. p. 85-110

BUSH, Vannevar. Memex II. In NYCE, James M., KAHN, Paul (sous la dir. de). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine.* San Diego (CA) : Academic Press, 1992. p. 165-184

CERF, Vinton. *Interview by Judy E. O'Neill. 24 April 1990. Reston, Va*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990 (Oral History ; OH 191). Audio tape and transcript

CLARK, Wesley. *Interview by Judy E. O'Neill. 3 May 1990. New York, NY*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990. (Oral History ; OH 195) Audio tape and transcript

CONKLIN, Jeff. Hypertext : An Introduction and Survey. *IEEE Computer*, 18 (9) septembre 1987, p. 17-41

CORBATO, Fernando J. *Interview by Arthur L. Norberg. 18 April 1989, 14 November 1990. Cambridge, MA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990 (Oral History ; OH 162). Audio tape and transcript

CROCKER, Stephen. *Interview by Judy O'Neill. 24 October 1991. Glenwood, MD*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1991 (Oral History ; OH 233). Audio tape and transcript

-. *RFC-3. Documentation Conventions.* Network Working Group, Avril 1969. 2 p. Disponible sur : <http://www.rfc-editor.org/rfc.html>
-. *RFC-10. Documentation Conventions.* Network Working Group, Juillet 1969. 3 p. Disponible sur : <http://www.rfc-editor.org/rfc.html>

DEBONS, Anthony, HORNE, Esther E.. NATO Advanced Study Institutes of Information Science and Foundations of Information Science. *Journal of the American Society for Information Science*, n° 48 (9), septembre 1997. p. 794-803

DENNIS, Jack. *Interview by Judy E. O'Neill. 31 October 1989. Cambridge MA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989. (Oral History ; OH 177) Audio tape and transcript

DODGE, Martin. *An Atlas of Cyberspaces. Historical Maps of ARPANET and the Internet* [en ligne]. 2000.
Disponible sur WWW : <http://www.cybergeography.org/atlas/historical.html>

ENGELBART, Douglas C. Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness. In NYCE, James M., KAHN, Paul (sous la dir. de). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine*. San Diego (CA) : Academic Press, 1992. p. 235-244

ENGELBART, Douglas C. *Augmenting Human Intellect : A Conceptual Framework.* [En ligne]. Friedewald, Michael (Edit.). Menlo Park (Ca) : Stanford Research Institute, 1962. 134 p. (réf. de septembre 1997). Disponible sur le WWW :
<http://www-leland.stanford.edu/class/history204i/Engelbart/Engelbart_AugmentIntellect.html>

FANO, Robert M. *Interview by Arthur L. Norberg. 20 April 1989. Cambridge, Mass.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989. (Oral History ; OH 165). Audio tape and transcript

HAFNER, Katie, LYON, Matthew. *Les Sorciers du Net. Les origines de l'internet*. Paris : Calmann-Lévy, 1999. (Cybermondes)

HAUBEN, Michael, HAUBEN, Ronda. *Netizens : On the History and Impact of Usenet and the Internet*. Los Alamitos (CA) : IEEE Computer Society Press, 1997

HARDY, Henry Edward. *The History of the Net. Master's Thesis, School of Communications, Grand Valley State University*. 1993. Disponible par FTP : <ftp://umcc.umich.edu /pub/seraphim/doc/nethist8.txt>

HEART, Frank. *Interview by Judy E. O'Neill. 13 March 1990. Cambridge, MA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990. (Oral History ; OH 186). Audio tape and transcript

HERZFELD, Charles M. *Interview by Arthur L. Norberg. 6 August 1990. Washington, D.C.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990. (Oral History ; OH 192). Audio tape and transcript.

KAHN, Robert E. *Interview by Judy E. O'Neill. 24 April 1990. Reston, VA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990 (Oral History ; OH 190). Audio tape and transcript

KING, John Leslie, GRINTER, Rebecca E., PICKERING, Jeanne M. Grandeur et décadence d'Arpanet. la saga de Netville, cité champignon du cyberspace. *Réseaux*, n° 77, mai-juin 1996. p. 9-35

KLEINROCK, Leonard. *Leonard Kleinrock's Personnal History/Biography. The Birth of the Internet.* [En ligne]. Los Angeles (CA) : UCLA, 1996. Version mise à jour le 27 août 1996. [réf. du 28 février 1998]. [5 p.] Disponible sur WWW : <http://millennium.cs.ucla.edu/>.

KLEINROCK, Leonard. *Interview by Judy E. O'Neill. 3 April 1990. Los Angeles, California*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990 (Oral History ; OH 190). Audio tape and transcript

LAMBERT, Steve, ROPIEQUET, Suzanne, PROST, B. *CD-ROM : le nouveau papyrus.* Paris : Cedic-Nathan, 1987

LEE, J.A.N., LICKLIDER, J.C.R., McCARTHY, John. The Beginnings at MIT. In *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 14, n° 1, 1992. p. 18-30

LEINER, Barry, CERF, Vinton, CLARK, David, et al. *A Brief History of the Internet*. [en ligne] Version 3.1, février 1997. [réf. du 8 août 1997]. [20 p.]. Disponible sur WWW : <http://www.isoc.org/internet-history>

LICKLIDER, J.C.R., VEZZA, Albert. Applications of Information Networks. *Proceedings of the IEEE*, vol. 66, n° 11, 1 novembre 1978. p. 1330-1346

LICKLIDER, J.C.R. Man-Computer Symbiosis. In Digital Systems Research Center. *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990.* [En ligne] Palo Alto (Californie) : Digital Equipment Corporation, 7 août 1990. [référence du 5 mars 1998] [p.1-20]. Disponible sur WWW:<http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/research-reports/abstracts/src-rr-061.html>

LICKLIDER, J.C.R., TAYLOR, R. The Computer as a Communication Device. In Digital Systems Research Center. *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990.* [En ligne] Palo Alto (Californie) : Digital Equipment Corporation, 7 août 1990. [référence du 5 mars 1998] [p. 21-41]. Disponible sur WWW: <http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/research-reports/abstracts/src-rr-061.html>

LICKLIDER, J.C.R. *Interview by William Aspray and Arthur Norberg. 28 October 1988. Cambridge, Massachussets*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1988. (Oral History ; OH 150). Audio tape and transcript.

LUKASIK, Stephen *Interview by Judy E. O'Neill. 17 October 1991.Redondo Beach, CA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute., Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1991. (Oral History ; OH 232). Audio tape and transcript

McCARTHY, John. *Reminiscences on the History of Time-Sharing.* [En ligne]. Stanford (CA) : Stanford University, 1983. Version de 1996. [réf. du 10 mars 1998]. [5 p.] Disponible sur WWW : <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/timesharing/ timesharing.html>.

-. *Memorandum to P. M. Morse proposing Time-Sharing. January 1, 1959.* [En ligne]. Stanford (CA) : Stanford University, 1996. [réf. du 10 mars 1998]. [7 p.] Disponible sur WWW : <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/timesharing/ timesharing.html>.

-. *Interview by William Aspray. 2 March 1989. Palo Alto, CA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989. (Oral History ; OH 156) Audio tape and transcript

McKENZIE, Alexander. *Interview by Judy E. O'Neill. 13 March 1990. Cambridge, MA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990. (Oral History ; OH 185). Audio tape and transcript

McKNIGHT, Cliff, DILLON, Andrew, RICHARDSON, John. *Hypertext in Context.* Cambridge : Cambridge University Press, 1991. (The Cambridge Series on Electronic Publishing)

MOREAU, R. *Ainsi naquit l'informatique. Les hommes, les matériels à l'origine des concepts de l'informatique d'aujourd'hui.* Paris : Bordas, 1984. (Dunod Informatique)

NELSON, Theodor H. As We Will Think. In NYCE, James M., KAHN, Paul (sous la dir. de). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine*. San Diego (CA) : Academic Press, 1992. p. 245-260

NELSON, Theodor. Managing Immense Storage. *Byte*, 1988, n° 13, p. 226-238

NIELSEN, Jakob. *Hypertext and Hypermedia.* San Diego (CA) : Academic Press, 1990

NYCE, James M., KAHN, Paul. The Idea of a Machine : The Later Memex Essays. In NYCE, James M., KAHN, Paul (sous la dir. de). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine.* San Diego (CA) : Academic Press, 1992. p. 113-144

NYCE, James M., KAHN, Paul (sous la dir. de). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine.* San Diego (CA) : Academic Press, 1992. 367 p.

ORNSTEIN, Severo. *Interview by Judy E. O'Neill. 6 March 1990.Woodside, CA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990. (Oral History ; OH 183) Audio tape and transcript

OVERHAGE, Carl F.J., REINTJES, J. Francis. Project Intrex : A General Review. *Information Storage And Retrieval*, vol. 10, n° 5/6, 1974. p. 157-188

POLITIS, Michel. *Pour comprendre l'informatique.* Paris : Insep éditions, 1982. (S'initier pour maîtriser)

POUZIN, Louis, SIMERAY, Alain (interview). *Autrans'98. Interviews. Louis Pouzin, le "père" du réseau Cyclades.* [En ligne]. [réf. du 21 mars 1998]. [2 p.]. Disponible sur le WWW : <http://www. isoc.asso.fr./AUTRANS98/>.

Qui a inventé l'ordinateur ?. *Cahiers de Science & Vie*, n° 36, décembre 1996. 96 p.

ROBERTS, Lawrence G. *Interview by Arthur L. Norberg. 4 April 1989. San Mateo, California*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989. (Oral History ; OH 159). Audio tape and transcript.

ROBERTS, Lawrence G. *Internet Chronology*. [En ligne] Version mise à jour le 29 août 1997. [réf. du 21 mars 1998]. [4 p.] Disponible sur WWW : <http://www.ziplink.net/~lroberts/InternetChronology.html>

RUINA, Jack P. *Interview by William Aspray. 20 April 1989. Cambridge, Massachusetts*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989. (Oral History ; OH 163). Audio tape and transcript

SCHWARTZ, Jules I. *Interview by Arthur L. Norberg. 7 April 1989. El Segundo, California*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989. (Oral History ; OH 161). Audio tape and transcript

SUTHERLAND, Ivan. *Interview by William Aspray. 1 May 1989. Pittsburgh, Pa.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989. (Oral History ; OH 171). Audio tape and transcript

SYSTEMS RESEARCH CENTER. *In Memoriam : J.C.R. Licklider : 1915-1990.* [En ligne]. TAYLOR, Robert (préf.). Palo Alto (Californie) : Digital Equipment Corporation, 1990. [référence du 5 mars 1998]. Comprend Man-Computer Symbiosis et The Computer as a Communication Device. Disponible sur WWW : <http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/research-reports/abstracts/src-rr-061.html>

TAYLOR, Robert W. *Interview by William Aspray. 28 February 1989. Palo Alto, California*. Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1989. (Oral History ; OH 154). Audio tape and transcript

WEINGARTEN, Frederick. *Interview by William Aspray. 26 September 1990. Washington, DC.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990. (Oral History ; OH 212). Audio tape and transcript

ZACHARY, G. Pascal. *Endless Frontier. Vannevar Bush, Engineer of the American Century*. New York : The Free Press, 1997

ZRAKET, Charles A. *Interview by Arthur L. Norberg. 3 May 1990. Bedford, MA.* Minneapolis (Minnesota) : Charles Babbage Institute, Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, 1990. (Oral History ; OH 198) Audio tape and transcript

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS 5

SOMMAIRE 9

INTRODUCTION 13

1. TOUR D'HORIZON D'UNE HISTORIOGRAPHIE NAISSANTE 21

1.1 Une historiographie en plein développement 22

1.2 Un phénomène de mise en récit collective 29

1.2.1 Une histoire auto-référentielle 29

1.2.2 La mise en récit ou la légende d'Internet 30

1.2.2.1 En France, une histoire grand-public passe-partout 31

1.2.3 Une confusion historique à la base du récit des origines 33

1.3 Une fausse neutralité idéologique et épistémologique 35

1.3.1 La question de l'instrumentalisation de l'histoire 35

1.3.2 La question de la virginité épistémologique 36

1.4 La « matière » d'Internet 39

1.4.1 Abondance des sources 39

1.4.2 Les deux composantes du corpus historique 42

1.4.2.1 Les traces de l'innovation 42

1.4.2.1.1 Les textes scientifiques 42

1.4.2.1.2 Les documents techniques 43

1.4.2.1.3 La presse et les divers textes de l'époque 44

1.4.2.2 La mémoire organisée 44

2. QUEL PROJET ? UNE HISTOIRE PROCESSUELLE DE L'EMERGENCE D'ARPANET 47

2.1 Un processus d'émergence particulièrement complexe 47

2.1.1 Comment définir la nature hybride d'ARPANET ? 47

2.1.2 Multiplicité, hétérogénéité des composants du processus d'émergence 50

2.1.3 Longueur des processus, diversité des lignées, différenciation des temporalités 51

2.2 Comment faire l'histoire de ce type « d'infrastructure informationnelle » ? 54

2.2.1 La remise en cause de la quête des origines et des causalités 55

2.2.2 L'hypothèse paradoxale d'un processus à la fois auto-organisé et programmé 59

2.3 L'approche de la sociologie de la traduction 63

2.3.1 Les postulats continuistes de l'anthropologie des sciences et des techniques 63

2.3.1.1 Cinq principes méthodologiques fondamentaux 65

2.3.2 Les notions-clés et le « répertoire » de la sociologie de la traduction 67

2.3.2.1 Traduction : le double sens d'une notion ambiguë 67

2.3.2.2 La notion d'intermédiaire comme matérialisation des interactions *68*
2.3.2.2.1 Les inscriptions et les textes-réseaux 69
2.3.2.2.2 Les dispositifs techniques comme réseaux 72
2.3.2.2.3 Les compétences-réseaux 73
2.3.2.2.4 La monnaie-réseau 73
2.3.2.2.5 Des réseaux hybrides 74
2.3.2.3 Des acteurs à géométrie variable *75*
2.3.2.4 Les quatre étapes du processus de traduction *77*
2.3.2.4.1 La problématisation ou l'art de se rendre indispensable 78
2.3.2.4.2 L'intéressement comme interposition 79
2.3.2.4.3 L'enrôlement ou l'alignement des alliés 80
2.3.2.4.4 La mobilisation des alliés : mise en circulation plutôt que mise sur le pied de guerre 81
2.3.2.4.5 Retour sur la notion de traduction 82
2.3.2.5 La figure du réseau et ses différents niveaux d'utilisation *84*
2.3.2.5.1 Les intermédiaires-réseaux 84
2.3.2.5.2 L'agrégation d'intermédiaires autour d'un acteur : le niveau de l'articulation socio-logique 85
2.3.2.5.3 Le troisième niveau de « l'acteur-réseau » 85
2.3.2.5.4 Les « Réseaux Technico-Economiques » comme dernier niveau des réseaux de l'innovation 86
2.3.2.5.5 Les trois pôles des RTE 87
2.3.2.6 La question de l'irréversibilité *90*
2.3.2.6.1 Les deux « critères de convergence » des réseaux 91
2.3.2.6.1.1 La notion d'alignement 91
2.3.2.6.1.2 La coordination du réseau 92
2.3.2.6.1.3 Réseaux convergents ou dispersés 93
2.3.2.6.2 L'impossible retour en arrière 95
2.3.2.6.3 « La prédétermination de l'avenir » par « apprentissage » 96
2.3.2.6.4 Irréversibilisation = normalisation 97

2.4 Sur quel corpus ? 99

2.4.1 De quelques paradoxes autour du corpus 99

2.4.2 Un corpus en trois parties 102
2.4.2.1 Sources et traces du processus d'émergence *102*
2.4.2.1.1 Quatre textes à la fois fondateurs et témoins 102
2.4.2.1.2 Quelques échantillons hétérogènes d'un corpus immense : les documents techniques 104
2.4.2.2 Des témoignages d'acteurs irremplaçables *105*
2.4.2.3 Un corpus historiographique réduit *109*

2.5 Quelle démarche, quelle méthodologie ? 111

2.5.1 Une démarche empirique 111

2.5.2 Quelle méthodologie suivie ? 112
2.5.2.1 Recenser, identifier, décrire *112*
2.5.2.1.1 Acteurs humains et organisationnels 113
2.5.2.1.2 Objets techniques et systèmes d'information 114
2.5.2.2 Etablir la chronologie *116*
2.5.2.2.1 L'arbitraire des chronologies et le paradoxe des découpages temporels 116
2.5.2.3 Schématiser *118*

3. AUX SOURCES D'ARPANET 124

3.1 Le creuset cybernétique 125

3.1.1 De mini-conférences Macy ? Le cercle de Wiener 127

3.1.2 Le Research Laboratory for Electronics : foyer de la cybernétique au MIT 128

3.2 La matrice socio-technique : Whirlwind, SAGE et MIT 130

3.2.1 L'ordinateur comme point de convergence et « attracteur » 130
3.2.1.1 L'ordinateur comme « attracteur scientifique » *131*

3.2.1.2 Le symbole de l'imbrication armée / universités *132*
3.2.1.3 L'ordinateur au centre des trois pôles : science-armée-entreprises *132*

3.2.2 Le Whirlwind comme « opérateur » de multiples traductions ***134***
3.2.2.1 Du projet de simulateur de vol... ..... *134*
3.2.2.2 Au premier ordinateur en temps réel *136*
3.2.2.2.1 Le *Whirlwind* comme « dispositif d'intéressement » de chercheurs 137
3.2.2.3 Le Whirlwind comme support de la défense anti-aérienne des Etats-Unis *139*

3.2.3 La création d'un nouvel « acteur » : le Lincoln Laboratory ***140***
3.2.3.1 Un produit de la guerre froide et du MIT réunis *140*
3.2.3.1.1 L'imminence de la catastrophe 140
3.2.3.1.2 Le *Project Charles* à l'origine du Lincoln Lab 141
3.2.3.2 Le Lincoln Lab au coeur du « complexe militaro-scientifique » *142*
3.2.3.2.1 Une mission stratégique de défense : le Lincoln Lab comme cadre de recherche du système SAGE 142
3.2.3.2.2 Quelles forces utilisées et (ré-) organisées ? 143

3.2.4 Le Whirlwind : quel bilan ? ***144***
3.2.4.1 Le MIT comme « acteur-réseau » dominant de l'informatique des années 50 ..... *145*
3.2.4.2 Le Whirlwind et le Lincoln Lab : tremplins de l'innovation technique *146*
3.2.4.2.1 La série TX-0, TX-2 148
3.2.4.3 Le système SAGE : matrice de l'informatique des années 60 ..... *149*

3.2.5 Le Computation Center : genèse d'un laboratoire ***150***

3.2.6 Schémas sur « Les filières du Whirlwind » ***154***

3.3 Le time-sharing comme support d'un nouveau modèle d'ordinateur 158

3.3.1 Quel est le problème ? Quelle serait la solution ? ***158***
3.3.1.1 La domination du traitement par lots *159*
3.3.1.2 Limites et inconvénients d'un système d'exploitation *160*
3.3.1.3 L'urgence du problème dans les universités et au MIT *162*
3.3.1.4 Time-sharing vs batch processing *163*
3.3.1.5 Partage du temps ou des informations ? *164*

3.3.2 Les précédents techniques du time-sharing ***165***
3.3.2.1 La première communication à distance *165*
3.3.2.2 Vers les systèmes interactifs : le temps réel du Whirlwind *166*
3.3.2.3 Une innovation importante : la multiprogrammation *166*

3.3.3 Sur quelles forces, quelles entités s'appuie d'abord le time-sharing ? ***167***
3.3.3.1 Le Computation Center comme premier support : 1957-1960 ..... *168*
3.3.3.1.1 Le rôle pionnier de McCarthy 169
3.3.3.1.2 La « mobilisation » du *Computation Center* 170
3.3.3.1.3 Premier texte sur le *time-sharing* 171
3.3.3.1.4 La « traduction-Teager » 171

3.3.4 Quels alliés ? 1960-1962 : émergence d'un réseau socio-technique ***172***
3.3.4.1 Les supports nécessaires : les ordinateurs à transistors *173*
3.3.4.1.1 L'IBM 7090 174
3.3.4.1.2 Le PDP-1 174
3.3.4.2 L'entreprise BBN et Licklider : nouveaux acteurs du time-sharing *175*
3.3.4.2.1 BBN : de l'acoustique à l'informatique 175
3.3.4.2.2 Licklider : déjà au coeur de la recherche 175
3.3.4.2.3 La « traduction Licklider-BBN » 179
3.3.4.2.4 Le projet de *time-sharing* chez BBN 180
3.3.4.3 Le deuxième projet au MIT : le PDP-1 de Jack Dennis *181*
3.3.4.4 La direction du MIT : instigateur de la réflexion sur le time-sharing *182*
3.3.4.4.1 Aperçu sur l'organisation du MIT 183
3.3.4.4.2 Le Comité de Recommandation de Gordon Brown 186

3.3.5 Le time-sharing comme double objet de controverses ***187***
3.3.5.1 Les controverses internes : désaccords et divisions d'un réseau fragile *188*

3.3.5.1.1 Le clivage entre Teager et les autres membres du groupe 188
3.3.5.1.2 Le deuxième rapport majoritaire du « Long Range... Group » et son devenir incertain....189
3.3.5.2 Les controverses externes : quels adversaires du time-sharing ? *191*
3.3.5.2.1 L'opposition « batch processing » / « *time-sharing* » : un clivage dans l'informatique américaine 191
3.3.5.2.1.1 Les réticences d'IBM et les rapports compliqués entre le MIT et « Big Blue » 192
3.3.5.2.1.2 L'indifférence ou l'ignorance de SDC et du Pentagone 195
3.3.5.2.2 Les dissenssions au sein du MIT.....196

3.3.6 1961-1962 : réalités et potentialités du time-sharing 198
3.3.6.1 Des réalisations techniques inégales et séparées *199*
3.3.6.1.1 Le projet CTSS de Corbato : premier projet « compatible » 199
3.3.6.1.1.1 La triple importance de CTSS 201
3.3.6.1.2 L'échec de Teager et le succès de Corbato 201
3.3.6.1.3 Le projet de Dennis.....205
3.3.6.1.4 Le projet BBN et la mutation de l'entreprise 205
3.3.6.2 La montée en force du thème du time-sharing dans la communauté informatique *206*
3.3.6.2.1 L'intéressement de plusieurs acteurs de la recherche informatique.....207
3.3.6.2.1.1 Une « recrue » de poids : Robert Fano..... 207
3.3.6.2.2 Emergence publique du *time-sharing* : la Conférence du Centenaire du MIT de 1961, les premières publications 209
3.3.6.3 D'un système d'exploitation à un nouveau modèle de l'ordinateur *211*
3.3.6.4 Le time-sharing comme support d'une nouvelle vision de l'ordinateur *212*
3.3.6.4.1 Le partage des ressources.....212
3.3.6.4.2 Le travail collectif et les « communautés en ligne » 213
3.3.6.4.3 L'interaction hommes-machines 214

3.3.7 Cartographie de l'émergence du time-sharing.....215

3.4 Emergence de l'informatique interactive et communicationnelle 219

3.4.1 Licklider, théoricien de l'informatique interactive.....219
3.4.1.1 Des ordinateurs et des hommes *219*
3.4.1.1.1 Une vision novatrice de l'ordinateur, appuyée sur une conception continuiste des rapports hommes-techniques.....220
3.4.1.2 La prémonition des « bibliothèques virtuelles » et de la numérisation *224*

3.4.2 Engelbart ou l'ingénierie des interfaces.....227
3.4.2.1 L'influence de Bush, la formation initiale en électrotechnique *227*
3.4.2.2 La problématisation de « l'augmentation » *228*
3.4.2.2.1 Une nouvelle étude civile pour l'armée 230
3.4.2.2.2 L'augmentation : une notion difficile à cerner.....231
3.4.2.2.3 Une démarche globale, une conception systémique.....232
3.4.2.2.4 Une intuition médiologique 232
3.4.2.2.5 Le système *H-LAM / T :* une nouvelle voie de l'ordinateur.....234
3.4.2.2.6 Quelles « traductions » techniques et organisationnelles du projet « d'augmentation » ?.237
3.4.2.2.7 Une conception « écologique » des technologies intellectuelles 238
3.4.2.3 Le réseau de référence d'Engelbart : une cartographie de l'informatique interactive.....*239*

3.5 L'ARPA et la réorganisation de la recherche militaire 242

3.5.1 L'ARPA : une réponse politique à un double défi « militaro-politique ».....242
3.5.1.1 Le défi externe : la course à l'espace *242*
3.5.1.2 Le défi interne : la réorganisation de la recherche militaire *244*

3.5.2 Les premières années difficiles de l'agence.....246

3.5.3 L'arrivée de Kennedy et le nouvel essor de la recherche 248

3.5.4 Le nouveau départ de l'ARPA : 1961-1962.....250
3.5.4.1 De nouveaux dirigeants : Ruina, Herzfeld *250*
3.5.4.1.1 Herzfeld ou le patriotisme comme motif « d'enrôlement » 251
3.5.4.2 D'importants projets de recherche militaire *253*
3.5.4.3 Une situation privilégiée dans son « réseau de référence » *255*
3.5.4.3.1 Une agence placée « tout contre » le pouvoir 255

3.5.4.3.2 Un véritable pouvoir de politique scientifique....256
3.5.4.4 Une organisation et un fonctionnement voués à l'efficacité....259
3.5.4.5 Le nouveau « style ARPA »....261
3.5.4.6 Un potentiel de force exceptionnel....262

3.5.5 Schéma des premières années de l'ARPA....263

3.5.6 La montée en force du thème du Command and Control....265
3.5.6.1 Le Command and Control comme thème fédérateur : l'exemple des « C2 systems » et du Planning Office....265

3.6 La jonction de 1962 : l'arrivée de Licklider à l'ARPA.... 269

3.6.1 Etat des « forces » en 1962....270
3.6.1.1 Forces et faiblesses du time-sharing....270
3.6.1.2 La recherche informatique à l'ARPA : un potentiel à exploiter mais dans quelle direction ?..272
3.6.1.3 Licklider comme « point de passage obligé »....273

3.6.2 Les ambiguïtés de l'arrivée de Licklider à l'ARPA....277
3.6.2.1 Du côté de l'ARPA : quels projets, quels intérêts ?....277
3.6.2.1.1 Un « dispositif d'intéressement » de l'ARPA insuffisant : la motivation salariale....278
3.6.2.2 L'indécision de Licklider ou la part de hasard dans les processus d'innovation....279
3.6.2.3 Imprécision des missions, ambiguïté des attentes de l'ARPA....280
3.6.2.3.1 Le malentendu initial et fondateur de l'IPTO....280
3.6.2.4 La traduction réussie de Licklider....282

3.6.3 La création de l'IPTO et la première recherche « d'alliés »....283
3.6.3.1 Le renforcement interne du dispositif....284

3.6.4 Quelles leçons ?....285

4. STRUCTURATION DES RESEAUX DE L'INFORMATIQUE, EMERGENCE DE L'INFORMATIQUE EN RESEAU : 1962-1967....287

4.1 Le rôle stratégique de Licklider : 1962 - 1964.... 288

4.1.1 Licklider : « acteur stratège » ou « acteur stratégique » ?....288

4.1.2 Le missionnaire de l'informatique interactive, le visionnaire des « communautés en ligne »....290
4.1.2.1 Le « croyant » de l'informatique interactive....291
4.1.2.2 Le « réseau intergalactique » : les ingrédients du discours des « communautés en ligne »....291
4.1.2.3 La vision prophétique....292

4.1.3 Un fédérateur de projets....293
4.1.3.1 Des conceptions novatrices en matière de gestion de la recherche....294
4.1.3.1.1 Sur l'alliance entre armée, recherche et entreprise : convergence des intérêts, divergence des projets....294
4.1.3.1.2 Une conception très souple de la recherche et de ses réseaux....295
4.1.3.1.3 Une conception de son propre rôle comme animateur de projets....297
4.1.3.2 Les fondements du management de l'IPTO....297

4.1.4 Le constructeur des réseaux sociaux de l'informatique....298
4.1.4.1 Une position délicate au sein de l'ARPA....299
4.1.4.2 La recherche d'alliés extérieurs : le « Comité Licklider », la Maison Blanche...300
4.1.4.3 Constitution du réseau de chercheurs de l'IPTO : les ARPA's Contractors....301
4.1.4.3.1 Peu de contrats, mais le lancement d'un projet « phare »....305
4.1.4.4 La constitution d'une nouvelle discipline : la Computer Science....306
4.1.4.5 Comment détourner les sceptiques vers le time-sharing : le cas de SDC....307
4.1.4.6 Une succession assurée à l'IPTO....309

4.1.5 Quel bilan de Licklider ?....311

4.2 Le Project MAC et ses suites.... 313

4.2.1 Conception, naissance et développement du Project MAC....313
4.2.1.1 D'une discussion informelle au lancement d'un projet....313

4.2.1.2 L'intéressement et l'enrôlement réussi des pionniers du time-sharing 316
4.2.1.3 Une « Summer Study » comme rampe de lancement 318
4.2.1.4 Le CTSS comme support technique du Project MAC, Corbato nouvel « allié » de Licklider ...320
4.2.1.5 Un cadre de recherche spécifique : le MAC Laboratory 322

4.2.2 Un projet global, matrice de plusieurs innovations 323
4.2.2.1 Un projet « socio-technique » 323
4.2.2.2 Le Project MAC : matrice de projets au MIT 324
4.2.2.2.1 Le projet INTREX 324

4.2.3 Quel bilan du Project MAC ? 327
4.2.3.1 Quel bilan immédiat ? 328
4.2.3.2 Le Project MAC *comme unificateur de la communauté informatique* 329
4.2.3.3 Un rôle-clé dans la structuration de la « Computer Science » au MIT 329
4.2.3.4 « L'acteur-réseau » du time-sharing *renforcé* 330
4.2.3.5 Le Project MAC comme préfiguration d'ARPANET 334

4.3 La montée en puissance de l'IPTO : 1964-1967 337

4.3.1 Les successeurs de Licklider 338
4.3.1.1 Ivan Sutherland : le choix de la jeunesse 338
4.3.1.1.1 Des conditions d'arrivée à l'IPTO « hors normes » 339
4.3.1.2 Robert Taylor ou le « disciple » de Licklider 342
4.3.1.3 L'équipe Taylor / Sutherland 344

4.3.2 La consolidation de l'IPTO au sein de l'ARPA 346
4.3.2.1 Caractéristiques de la direction de l'ARPA 346
4.3.2.2 ARPA / IPTO : des relations personnelles directes et une grande autonomie 347
4.3.2.3 Un « petit service » de l'ARPA mais la première source de financement de la recherche informatique 350
4.3.2.3.1 Des moyens financiers importants 351
4.3.2.3.2 Des moyens humains toujours limités 351

4.3.3 Une floraison de projets 354
4.3.3.1 Les contrats sous Sutherland : 1964 - 1966 354
4.3.3.1.1 La poursuite des contrats de Licklider 354
4.3.3.1.2 Projets spécifiques menés par Sutherland 355
4.3.3.1.3 Les premiers projets de mise en réseau 356
4.3.3.2 La politique ambitieuse de Taylor 360
4.3.3.2.1 Le projet de graphisme à l'Université d'Utah : nouveau maillon de la chaîne de traductions d'ARPANET 362
4.3.3.3 Renforcement du réseau des ARPA's Contractors 365
4.3.3.3.1 Des moyens techniques de communication de pointe mais... incompatibles 367

4.3.4 Originalité du management de l'ARPA/IPTO 369
4.3.4.1 Quels autres acteurs dans le financement de la recherche informatique ? 369
4.3.4.2 Trois grandes différences entre l'ARPA et les agences civiles (NSF et NIH) 372
4.3.4.2.1 Différence dans les modes de management de la recherche : « *peer review* » *vs* « style ARPA » 372
4.3.4.2.2 Différence entre l'ARPA et la NSF dans les politiques de recherche 375
4.3.4.2.3 Différences entre l'ARPA et la NSF dans les financements de projets 377

4.4 La montée en « réalité » du thème des réseaux d'ordinateurs 381

4.4.1 Kleinrock et Roberts : deux purs produits du *Lincoln Lab* 383
4.4.1.1 Un passionné d'électronique : Leonard Kleinrock 383
4.4.1.2 Larry Roberts, un autre « génie de l'informatique » 385

4.4.2 La première connexion à grande distance 387

4.4.3 Les trajectoires de Kleinrock, Roberts et Sutherland comme nouvel exemple de la « filière Whirlwind » 388

4.4.4 Paul Baran et le projet de réseau distribué 390
4.4.4.1 Paul Baran, un informaticien de la première heure 390

4.4.4.1.1 La RAND Corporation....390
4.4.4.2 Le pionnier solitaire de la transmission par paquets 392
4.4.4.3 Le long et difficile processus de traduction d'un projet isolé....393

4.4.5 Le projet, encore solitaire, de Taylor d'un « ARPA Network » 396
4.4.5.1 Un « allié » difficile à enrôler : Larry Roberts....398

4.4.6 Différences de devenirs pour des recherches identiques....400
4.4.6.1 L'isolement de Paul Baran et le statut paradoxal de son rapport....401
4.4.6.2 Le lien Kleinrock-Roberts et ARPANET....402

5. L'EMERGENCE D'ARPANET : 1967-1969 405

5.1 Un projet très minoritaire : la difficile problématisation du projet de Taylor et Roberts 408

5.1.1 Le lancement laborieux de l'ARPA Network 408
5.1.1.1 Avril 67 : présentation d'un projet controversé 409
5.1.1.1.1 L'idée de Wes Clark à l'origine des IMP 411
5.1.1.2 Les réticences des chercheurs de l'ARPA....412
5.1.1.2.1 La position paradoxale de Wes Clark 415

5.1.2 Au-delà de la controverse, trois fondements du réseau....417

5.2 La phase de conception de 1967 à 1968 418

5.2.1 L'intéressement réussi des PI par le nouveau plan de Roberts 420

5.2.2 Premiers liens officieux avec BBN ; le rôle discret de Bob Kahn 421
5.2.2.1 Robert Kahn : premier lien entre l'IPTO et BBN....421
5.2.2.2 Frank Heart ou le « recrutement » différé de BBN 422

5.2.3 Engelbart et le SRI : des alliés de la première heure 424
5.2.3.1 L'enrôlement volontaire d'Engelbart, la traduction du NLS et la création du NIC....424

5.2.4 Convergence des recherches sur la transmission par paquets : la conférence d'octobre 1967.....427

5.2.5 Le premier axe de recherche : la construction des IMP 429
5.2.5.1 L'appel d'offres de l'ARPA : une synthèse des multiples inspirations d'ARPANET....430
5.2.5.2 Prévisibilité ou incertitude de l'appel d'offres ?....432

5.2.6 Deuxième axe de recherche : les protocoles....436

5.2.7 Bilan de l'année 67 : schéma sur « l'intéressement » des ARPA's Contractors....437

5.2.8 Les prémonitions de Licklider et Taylor ou « l' imaginaire technique » d'ARPANET....439
5.2.8.1 Un modèle communicationnel interactif....440
5.2.8.2 La communication : une comparaison de modèles mentaux....441
5.2.8.3 L'ordinateur, support de la communication interactive....443

5.3 La phase de mobilisation : l'année 1969.... 451

5.3.1 La stabilisation des trois groupes d'acteurs et la mobilisation des diverses équipes d'ARPANET453
5.3.1.1 Le pôle « Armée » : financement et management....453
5.3.1.1.1 Les managers : l'IPTO comme chef d'orchestre, le rôle décisif de Larry Roberts....453
5.3.1.1.2 Les financeurs : l'ARPA....456
5.3.1.2 Le pôle « Scientifique » : recherches et expérimentation du réseau 456
5.3.1.2.1 Le SRI et la chaîne de traductions : « Engelbart - NLS/hypertexte - ARPANET - Centre d'Information du réseau »....458
5.3.1.2.2 UCLA ou la filière : « Roberts-Kleinrock-transmission par paquets-Centre de mesure du réseau-équipe de doctorants »....462
5.3.1.2.3 UCSB et le graphisme....466
5.3.1.2.4 Utah et la chaîne « Evans-graphisme-Sutherland-Taylor-ARPANET »....466
5.3.1.2.5 La communauté universitaire de Netville 469
5.3.1.3 Le pôle « Entreprise » : conception et construction du réseau 470
5.3.1.3.1 BBN comme constructeur du réseau....470

5.3.1.3.2 Un partenaire « obligé » et contraint : AT&T 474

5.3.2 L'apparition des instances de régulation du réseau : de nouveaux « porte-parole » d'ARPANET 475

5.3.2.1 Le Network Information Center : « porte-parole » des ressources informationnelles du réseau ? 476

5.3.2.2 Le Network Measurement Center : « porte-parole » des performances du réseau ? 476

5.3.2.3 Le Network Working Group : « porte-parole » des protocoles, de la « culture Internet », voire du réseau lui-même ? 477

5.3.2.3.1 Un groupe en *brainstorming* permanent 478

5.3.2.3.2 Un « groupe-témoin » du réseau 480

5.3.3 Un outil d'information, de communication et de structuration du réseau : les RFC 482

5.3.3.1 Un système de « documentation ouverte », à l'opposé des normes de publication scientifique 483

5.3.3.2 Un « effet de premier ordre » sur la recherche 485

5.3.3.3 Les RFC comme traduction de l'acteur-réseau d'ARPANET : la fonction d'annuaire, de cartographie (partielle) du réseau 485

5.3.3.4 Les RFC comme traduction des valeurs de la « culture Internet » 487

5.3.4 Premières connexions : la naissance d'ARPANET ? 489

5.3.4.1 Une première connexion obtenue à l'arraché 490

5.3.4.2 « Naissance » d'un réseau ? 491

6. VERS L'IRREVERSIBILISATION D'ARPANET : 1969-.... ? 495

6.1 Quel « degré de convergence » de l'acteur-réseau ARPANET ? 496

6.1.1 Un degré d'alignement « moyen » pour ARPANET ? 496

6.1.2 Un réseau fortement ou faiblement coordonné ? 498

6.1.3 Un réseau en voie de forte convergence ? 501

6.1.3.1 Les nouvelles frontières d'ARPANET 502

6.1.3.2 La convergence-résonance des discours 508

6.1.3.2.1 La résonance « time-sharing / contestation étudiante » 510

6.1.3.2.2 La convergence des discours sur la « quête de l'excellence » 511

6.2 Retour sur les conditions de l'irréversibilisation des réseaux 515

6.2.1 Multiplicité des interrelations, prédétermination par apprentissage 515

6.2.2 Renforcement de la normalisation 516

6.2.2.1 L'intense travail collectif de définition des diverses entités du réseau 516

7. LEÇONS ET QUESTIONS EN SUSPENS SUR CETTE HISTOIRE D'ARPANET 521

7.1 Cinq leçons sur cette «intrigue» de l'émergence d'ARPANET 521

7.1.1 L'illusoire recherche de causalité 521

7.1.2 L'articulation de l'individu et du collectif 524

7.1.3 ARPANET entre « le cristal et la fumée » 526

7.1.3.1 La part de hasard dans le processus d'émergence 527

7.1.3.2 La part de l'informel dans les réseaux scientifiques 528

7.1.3.3 L'une des clés d'ARPANET : la subtile articulation entre spontanéité et programmation 528

7.1.4 Entre logique technique et logique d'acteurs : quelle place pour le facteur technique ? 530

7.1.5 « L'américanité » d'ARPANET 534

7.2 Quelles limites à la sociologie de la traduction ? 539

7.2.1 La question des traces et l'impossible observation ethno-méthodologique rétrospective 540

7.2.1.1 Suivi immanentiste ou reconstruction ? 540

7.2.1.2 L'inévitable homogénéisation du corpus, dominé par les traces écrites 542

7.2.1.3 Le déséquilibre des témoignages et le difficile suivi des controverses 543

7.2.2 La question des outils de traitement des traces 545

7.3 Des difficultés d'écriture d'une « histoire processuelle »..... 548

***7.3.1 L'insuffisant suivi des controverses*.....548**

***7.3.2 Peut-on faire de la sociologie de la traduction de manière « artisanale » ?*.....549**

***7.3.3 La question de l'échelle de description*.....550**

7.4 Pour d'autres histoires à venir..... 553

INDEX..... 561

BIBLIOGRAPHIE..... 567

TABLE DES SCHEMAS 591

ANNEXES.....Vol. 2

TABLE DES SCHEMAS

Les réseaux Technico-économiques 90

Légende des schémas 155

1 La filière Whirlwind-Lincoln Lab
Schéma 1.1 La filière *Whirlwind* : 1944-1952 156
Schéma 1.2 La filière *Whirlwind* - Time-sharing : 1952-1957.....157

La recherche informatique au MIT en 1960 (Organigramme simplifié et principaux acteurs) 187

2 La filière Time-sharing
Schéma 2.1 La filière du time-sharing : 1957-1960 218
Schéma 2.2 La filière du time-sharing : 1960-1962 219

Rappel de la légende des schémas 220

3 La filière ARPA
Schéma 3.1 La filière ARPA : Situation de l'ARPA dans la chaîne du pouvoir scientifique au début des années 60.....261

Schéma 3.2 La filière ARPA : Organigramme et programmes de l'ARPA 263

Schéma 3.3 La filière ARPA : 1958 - 1961 267

4 Le réseau de Licklider
Schéma 4.1 Le réseau de Licklider en 1962 279

3 La filière ARPA
Schéma 3.4 La filière ARPA/IPTO : Licklider 1962-1964 306

2 La filière Time-sharing
Schéma 2.3 La filière Time-Sharing : le *Project MAC* 336

Rappel de la légende des schémas 360

3 La filière ARPA
Schéma 3.5 La filière ARPA/IPTO : Sutherland 1964-1966 361

Schéma 3.6 La filière ARPA/IPTO : Taylor 1966-1968 366

1 La filière Whirlwind-Lincoln Lab

Schéma 1.3 La filière Whirlwind-Lincoln Laboratory : les trajectoires de Kleinrock, Roberts, Sutherland 391

5 Emergence d'ARPANET
Schéma 5.1 1967 : l'intéressement des ARPA's Contractors 441

5.2 Filières des sites d'ARPANET
Schéma 5.2.1 La filière Engelbart-SRI-ARPANET : 1962-1969 463

Schéma 5.2.2 La filière Kleinrock-UCLA-ARPANET : 1963-1969 467

Schéma 5.2.3 La filière Evans-Sutherland-Utah-ARPANET : 1964-1969 470

Schéma 5.3 Emergence d'ARPANET Les dix-sept premiers sites selon les trois pôles : 1969-1971.....508

Schéma 5.4 Emergence d'ARPANET Les dix-sept premiers sites en 1971 509