

La recherche sur les systèmes, des pivots dans l'histoire de l'informatique, I/II

Camille Paloque-Bergès, Loïc Petitgirard

▶ **To cite this version:**

Camille Paloque-Bergès, Loïc Petitgirard. La recherche sur les systèmes, des pivots dans l'histoire de l'informatique, I/II. Cahiers d'histoire du Cnam, vol.07 - 08 (1), 2017, La recherche sur les systèmes : des pivots dans l'histoire de l'informatique. halshs-01843637

HAL Id: halshs-01843637
https://shs.hal.science/halshs-01843637

Submitted on 27 May 2020

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

le cnam

Cahiers d'histoire du Cnam

vol. 7–8

Dossier

La recherche sur les systèmes : des pivots dans l'histoire de l'informatique – I/II

Coordonné par Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard

2017 / Premier semestre
(nouvelle série)

Cahiers d'histoire du Cnam

vol. 7–8

Dossier

La recherche sur les systèmes : des pivots dans l'histoire de l'informatique – I/II

Coordonné par Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard

2017 / Premier semestre
(nouvelle série)

Cahiers d'histoire du Cnam. Vol. 7-8, 2017 / 1 (nouvelle série).
Dossier « **La recherche sur les systèmes : des pivots dans l'histoire de l'informatique – I/II** », coordonné par Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard.

Direction de la publication
Olivier Faron, *administrateur général du Conservatoire national des arts et métiers*

Rédacteur en chef
Loïc Petitgirard

Comité de rédaction
Marco Bertilorenzi, Soraya Boudia, Jean-Claude Bouly, Serge Chambaud, Lise Cloitre, Renaud d'Enfert, Claudine Fontanon, Virginie Fonteneau, Clotilde Ferroud, André Grelon, Alain Michel, Cédric Neumann, Loïc Petitgirard, Catherine Radtka, Laurent Rollet, Raphaëlle Renard-Foultier, Ferrucio Ricciardi, Jean-Claude Ruano-Borbalan, Henri Zimnovitch

Comité de lecture du numéro
Laurent Bloch, Émmanuelle Chevry Pébayle, Anne Collinot, André Grelon, Alexandre Hocquet, Florent Laroche, Baptiste Mélès, Pierre-Éric Mounier-Kuhn, Samuel Szoniecky, Henri Zimnovitch

Un comité de lecture *ad hoc* est constitué à chaque numéro.
La liste complète des lecteurs est publiée sur la page Web de la revue :
http://technique-societe.cnam.fr/les-cahiers-d-histoire-du-cnam-696687.kjsp

Responsables des Varia
Lise Cloître et Claudine Fontanon

Secrétariat de rédaction
Camille Paloque-Berges, assistée de **Sofia Foughali**
Laboratoire HT2S-Cnam, Case 1LAB10,
2 rue Conté, 75 003 Paris
Téléphone : 0033 (0)1 40 27 22 74
Mél : camille. paloque_berges@cnam.fr
sofia. foughali_sadji@cnam.fr

Maquettage
Françoise Derenne, *sur un gabarit original créé par la Direction de la Communication du Cnam*

Impression
Service de la reprographie du Cnam

Crédits, mentions juridiques et dépôt légal :
©**Cnam**
ISSN 1240-2745

Illustrations photographiques :
Archives du Cnam ou *tous droits réservés*

Fondateurs (première série, 1992)
Claudine Fontanon, André Grelon

Ce double volume a été réalisé
grâce au soutien du **Laboratoire d'Excellence HASTEC**

haStec
Laboratoire d'Excellence
Histoire et anthropologie
des savoirs, des techniques
et des croyances

Les 5 premiers numéros de l'ancienne série (1992-1996) sont disponibles intégralement sur le site Web du Conservatoire numérique du Cnam : **http://cnum.cnam.fr**

Sommaire

Dossier

La recherche sur les systèmes :
des pivots dans l'histoire de l'informatique – I/II 7

Introduction au premier volume
L'émergence d'un laboratoire de recherches en informatique au Cnam (1968-1990) et le rôle de la recherche sur les Systèmes
Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard 9

Les chaires de mathématiques appliquées au Cnam à l'époque des Trente Glorieuses
Claudine Fontanon 21

L'Équipe Systèmes (1975-1980) et la genèse de la recherche en informatique au Cnam
Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard 25

Le mini-ordinateur Systime 8750
Isabelle Astic 57

Un professeur sans recherches : la trajectoire professionnelle de Paul Namian au Cnam
Cédric Neumann 63

Entretien avec Gérard Florin 81

Entretien avec Viviane Gal 121

L'histoire du Cédric : penser un dispositif archivistique en histoire des sciences
Gérald Kembellec, Raphaël Fournier-S'niehotta et Pierre Cubaud 133

Dossier

La recherche sur les systèmes : des pivots dans l'histoire de l'informatique – I/II

Coordonné par Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard

Introduction : L'émergence d'un laboratoire de recherches en informatique au Cnam (1968–1990) et le rôle de la recherche sur les Systèmes

Camille Paloque-Berges
HT2S, Cnam.

Loïc Petitgirard
HT2S, Cnam.

Comment une jeune discipline scientifique devient-elle légitime dans l'espace académique ? Qu'en est-il si son projet entretient un lien fort au domaine des techniques et des applications industrielles et regroupe des objets hétérogènes ? Ces questions peuvent être posées à la discipline informatique et à sa légitimation au sein des institutions du savoir.

L'informatique est une discipline scientifique jeune et hétérogène dans ses objets théoriques aussi bien que dans ses domaines d'application. Son historiographie (en langue française) est récente et elle a été marquée par une série de colloques sur l'histoire de l'informatique organisés entre 1988 et 2004[1], suivis par les travaux de Pierre-Éric Mounier-Kuhn (notamment le volume consacré à l'émergence de la science informatique en France, 2010). Les historiens de l'innovation, et plus généralement l'histoire des sciences et des techniques, ont investi le champ notamment dans son versant social, économique et institutionnel, à travers l'histoire d'établissements dédiés, plus ou moins liés à l'industrie (Griset & Beltran, 2007 ; Collinot & Mounier-Kuhn, 2010). La philosophie de la logique a pu étudier les objets de l'informatique théorique, et désormais l'histoire philosophique des

1 Colloque sur l'histoire de l'informatique, cinq éditions entre 1988 et 1998 (respectivement à Grenoble, Paris, Sophia-Antipolis, Rennes et Toulouse), les deux éditions suivantes jusqu'en 2004 étant accompagnées des mentions « et des réseaux » / « et des télécommunications » (Grenoble puis Rennes).

sciences pose son regard sur les langages et les logiciels, avec une attention accrue pour les dimensions logiques et mathématiques non départie de ses aspects sociaux et culturels, comme le montre le consortium HAPOC[2]. Une génération d'acteurs des sciences et techniques de l'informatique est particulièrement active en termes de témoignages[3].

Un établissement comme le Cnam a joué un rôle non négligeable dans cette histoire, notamment en vertu de sa tradition de formation professionnelle dans des secteurs technologiques innovants liée à l'histoire à la formation des ingénieurs et de la médiation de leurs savoirs (Gouzévitch & *al*., 2004). Le prochain volume du *Dictionnaire biographique des professeurs du Cnam* (1955-1975[4]) introduira pour la première fois trois fiches biographiques de professeurs de chaire liés à cette discipline : Alexis Hocquenghem (chaire de Mathématiques générales en vue des applications à partir de 1951), Paul Namian (1962 pour le cours de Machines mathématiques, transformé en chaire en 1966), et François-Henri Raymond (chaire d'Informatique-Programmation à partir de 1973).

Dans ce cadre, la création d'un laboratoire de recherche en informatique dans le Conservatoire national des arts et métiers est un cas d'école. Si l'on reprend le cadre d'analyse sociologique de l'étude des institutions scientifiques établi par Michel Grossetti (2004), on s'intéresserait au Cnam à travers son projet scientifique, à savoir ce qui est défini par des « *ensembles constitués d'orientations idéologiques, d'idées, de discours et aussi de dispositifs juridiques ou matériels, de pratiques ou d'habitude* » pour définir deux types d'institutions scientifiques académiques (l'un tourné vers l'industrie, le second vers la "science pour la science"). En l'occurrence, le Cnam semble bien porté par un type de *projet* marqué par les sciences appliquées et le rapport étroit à l'industrie, à l'innovation technologique, et la vocation multidisciplinaire. L'établissement est ainsi un lieu d'observation idéal pour étudier la problématique de la légitimation scientifique et institutionnelle pour des domaines à la croisée de plusieurs logiques de développement et de reconnaissance.

On s'est alors penchés sur le rôle de l'informatique dans le projet scientifique de l'établissement – nous appuyant sur ses archives qui appartiennent au domaine spécifique des archives universitaires, donnant un accès spécifique à l'histoire du savoir à partir de documents institutionnels (Luc & *al*., 2014) Dans

2 Sous l'égide des groupes *Division of Logic, Methodology and Philosophy of Science and Technology* (DLMPST) et *Division of History of Science and Technology* (DHST), de la société savante *International Union of History and Philosophy of Science and Technology* (IUHPST).

3 Par exemple au séminaire Histoire de l'informatique et de la société numérique organisé au Cnam depuis plusieurs années par Isabelle Astic, Pierre-Éric Mounier-Kuhn et François Anceau, et à travers le projet « Musée de l'informatique et de la société numérique », porté par ces acteurs et Pierre Paradinas ainsi que plusieurs associations patrimoniales.

4 À paraître.

cette lignée, les auteurs publiés dans ce dossier ont étudié la construction de ce projet scientifique sur les plans social (réseaux de chercheurs et d'ingénieurs impliqués) et institutionnel (reconnaissance académique des résultats, création de structures administratives dédiées). Le Cnam permet d'étudier de près des pratiques locales de l'informatique qui s'allient, s'adaptent, ou se confrontent à ce contexte plus général. Par sa position aux marges de l'institution scientifique représentée par les universités et les centres de recherche, et en vertu de sa mission tournée vers la formation professionnelle, c'est un lieu de production de savoirs en quête de légitimité. En termes chronologiques, il est à noter que l'informatique trouve une légitimation institutionnelle forte en 1975 avec son inclusion dans la nouvelle section des « Sciences pour l'ingénieur » ouverte au CNRS (Ramunni, 1995). Cette période est d'ailleurs celle sur laquelle s'ouvre notre dossier, qui se ferme presque vingt ans plus tard, couvrant une époque de modernisation accélérée de l'informatique aussi bien aux niveaux industriels que scientifiques.

Le sujet est donc important, et il nous a semblé judicieux de lui consacrer un double numéro, permettant de délocaliser le regard historique sur la discipline informatique au Cnam en perspective avec le contexte plus général de sa structuration scientifique au plan international. Le premier volume de ce double numéro est centré sur l'émergence de l'informatique comme domaine de recherches au Cnam, qui passe par l'investissement d'un groupe d'informaticiens de l'établissement dans la recherche sur les nouveaux systèmes informatiques dans les années 1970. Nos résultats nous ont conduits à mettre en valeur le thème des Systèmes, structurant dans l'histoire scientifique de la discipline, à une autre échelle, bien au-delà des portes du Cnam. Nous consacrons le second volume à ce sujet. Ainsi, le deuxième volume apporte un regard plus généraliste sur le thème tout en proposant un focus sur le cas d'un système déterminant dans l'évolution des machines et des pratiques de programmation, le système d'exploitation Unix (qui a lui-même une place toute particulière au sein de l'histoire locale de l'informatique au Cnam).

Ce premier volume propose donc une série de travaux nés de cette réflexion sur la reconnaissance institutionnelle de l'informatique comme domaine de recherche au Cnam. Nous nous sommes proposé d'étudier la genèse de son premier laboratoire de recherche en informatique, le Cédric (Centre d'Études et en Informatique du Cnam), à partir des deux décennies qui précèdent sa création (1968-1988)[5]. Le Cnam appartenant au premier type de projet tel que défini par Grossetti, à savoir tourné vers l'industrie, il a été question d'évaluer la manière dont la généalogie de la création de ce laboratoire nourrit des dimensions présentes dans d'autres types de projets, plus académiques. Il s'est par ailleurs agi de définir le rapport de cette double

5 Dans le cadre d'un projet financé par le Laboratoire HASTEC (Hésam Universités/PSL) en 2014-2017.

dimension de l'évolution de la discipline au Cnam au projet de l'établissement et des politiques scientifiques et techniques de l'époque. En étudiant les processus de légitimation scientifiques des savoirs informatiques, nous avons pu éclairer la reconnaissance administrative d'une structure de recherche, le laboratoire, qui arrive relativement tard pour la discipline informatique au regard de son évolution dans les universités et les centres de recherche en France.

Le contexte des missions historiques du Cnam doit à ce titre être rappelé. En effet, mis en perspective avec des travaux antérieurs sur l'histoire des innovations pédagogiques au Cnam, ce cas d'étude montre que la montée en recherche des informaticiens renoue avec une tradition qui n'est pas d'actualité dans la politique de l'établissement au cours des décennies 1970 et 1980. En effet, quatre idéaux types se dégagent depuis la création du Cnam : l'instruction professionnelle (1819-1848), l'expérimentalisme industriel (1849-1899), l'éducation publique (1900-1967), et la formation diplômante (1967-2014)[6]. La certification par les diplômes est une dimension montante dans les formations en informatique depuis les années 1950 (Neumann, 2013), ce qui correspond à l'idéal-type de la période correspondante. Mais l'angle de la recherche en informatique montre que se perpétue en soubassement l'idéal type de l'expérimentalisme industriel : une tendance à l'innovation soutient un tropisme vers la recherche, même s'il n'est que porté par quelques individus et relativement peu encouragé par l'établissement, du moins pas de manière directe. Comme le montrent bien les entretiens avec Gérard Florin et Viviane Gal dans ce volume, l'établissement ne favorise pas à proprement parler les initiatives de recherche dans les années où les informaticiens souhaitent formaliser et valoriser leurs travaux, mais soutient cependant leur demande d'équipements innovants, permettant de mettre en place les conditions d'un expérimentalisme qui à son tour accompagne la montée en recherche de l'informatique dans l'établissement, en lien avec le milieu international. L'informatique est un domaine particulièrement propice à ce retour de l'expérimentalisme malgré la priorité donnée à l'enseignement depuis la période d'après-guerre à visée de formation des techniciens souhaitant devenir cadres dans l'informatique (recherche et développement dans les entreprises). Symbole du progrès technique depuis le milieu du siècle, elle est aidée en cela par sa double dimension théorique (en particulier dans son pendant mathématique) et pratique (les ordinateurs). L'informatique est à la fois une discipline scientifique en soi et un domaine traversé d'usages scientifiques divers et déterminé par l'évolution rapide des techniques. Ainsi, les informaticiens sont eux-mêmes, dans les décennies dont il est question dans le dossier comme encore aujourd'hui, en constante formation et expérimentation avec les

6 Tels que dégagés dans les travaux de post-doctorat de Samuel Hayat sur l'histoire l'innovation pédagogique au Cnam (2013-2015), réalisés dans le cadre des financements IDEFI (Hayat, 2017).

artefacts qui sont à la fois objets et outils de leurs travaux. En ceci, on le verra dans l'entretien avec Gérard Florin, l'activité de veille sur les innovations aussi bien techniques que théoriques, loin d'être opposée à une activité de recherche, en est en fait un des fondements essentiels en informatique.

Le dossier revient sur les grandes étapes et les enjeux associés à cette évolution, depuis l'entrée de l'informatique dans l'établissement par le biais des formations organisées avec les constructeurs de matériels mécanographiques dès les années 1950, jusqu'à sa structuration en domaines et lieux différenciés au sein de l'établissement : départements, chaires, services auxiliaires, et formalisation des activités de recherche. Il éclaire cette période d'institutionnalisation à travers trois trajectoires[7] : scientifique (des mathématiques appliquées à la programmation), matérielle (l'électronique et la technologie des ordinateurs), organisationnelle (comptabilité, informatique de gestion, sciences de l'organisation). Les alliances, négociations et reconfigurations entre les acteurs et entre ces trajectoires sont également mises en lumière : l'informatique, sujet d'enseignement, devient moyen et sujet d'expérimentations, préliminaire à la structuration moderne de la discipline au Cnam. Au fil des années 1970-1980, la formalisation administrative des aspects formation, recherche et logistique liés au domaine informatique témoigne d'une institutionnalisation qui fait écho à la structuration du champ des sciences et des techniques plus largement.

Notre regard s'est borné à une période de vingt ans précédant la formalisation scientifique et institutionnelle d'une recherche en informatique dans l'établissement : entre 1968, date de création du département Informatique-Mathématiques (anciennement « Informatique et Mathématiques appliquées ») ; et 1988 la date à laquelle le projet du laboratoire Cédric est porté aux instances administratives du Cnam pour sa création, avant d'être porté aux instances du « Conseil de perfectionnement » et du « Conseil d'administration » en janvier 1989 (qui ne valident sa création qu'en 1990). L'informatique a pris de l'importance dans l'histoire du Cnam à travers plusieurs portes d'entrée disciplinaires présentes dans l'établissement aussi bien dans le domaine des sciences de l'ingénieur que dans celui des sciences sociales depuis au moins les années 1950 : les mathématiques appliquées, les sciences de gestion, l'automatique, l'électronique, la métrologie, les sciences de l'information et de la documentation (Neumann, 2013 ; Petitgirard, 2015). Il a fallu cependant attendre la fin des années 1980 pour qu'un laboratoire de recherche en informatique soit officiellement créé sous le nom Cédric. Ce laboratoire s'est construit en perspective avec deux organes de l'enseignement des sciences informatiques au Cnam : le département Informatique-Mathématiques, et les chaires précitées liées au domaine,

7 En complément de ce dossier, et plus précisément axé sur ces trois trajectoires, nous renvoyons à Neumann & *al*. (2016).

en particulier celles de P. Namian et de F.-H. Raymond (Claude Kaiser, figure tutélaire et récurrente de ce dossier, prendra la suite de cette dernière en 1982[8]). La question de l'indépendance structurelle du laboratoire, dans l'organigramme, comme dans les programmes scientifiques et financements stratégiques, sera cruciale dans la création de ce nouveau service. Par ailleurs, cette création se fait dans le cadre plus général de la présence de savoirs informatiques diffus dans d'autres disciplines et services du Cnam. En l'occurrence, quand les premiers débats ont lieu pour la création du Cédric en 1988, c'est entre autres les rapports de représentativité des travaux du laboratoire par rapport aux domaines d'enseignement du département qui feront débat et retarderont sa création jusqu'en 1990. En effet, la création du laboratoire est validée au plan scientifique dès 1989, mais retoquée sur le plan administratif en 1990 pour motif qu'il ne représente pas toutes les activités de recherche du domaine dans l'établissement.

Nous sommes partis d'un constat rétrospectif : cette création semble tardive, avec quinze ans de « retard » par rapport à l'ouverture des premiers laboratoires de recherche du domaine à l'université et l'ouverture d'une section Sciences pour l'ingénieur où figure l'informatique au CRNS en 1975 (Ramunni, 1995). Il a donc fallu retracer deux trajectoires de développement liées à l'entrée en recherche d'une discipline en construction, à partir des analyses prosopographiques et généalogiques : en termes de contexte institutionnel étroit d'une part, en termes de professionnalisation et de légitimation scientifique de la discipline de l'informatique plus généralement d'autre part.

Tout d'abord, nous avons dégagé des facteurs institutionnels qui expliqueraient l'arrivée tardive de cette structure de recherche. Le tournant des années 1960-1970 est un moment de différenciation forte à l'intérieur du domaine, avec des conflits entre les chaires autour du département et du centre de calcul, qui est un laboratoire d'informatique fonctionnel soutenant les activités pratiques de l'enseignement et de l'administration assistées par ordinateur. Le département, créé en 1968, concentre à la fois une convergence d'héritage (les mathématiques appliquées, le travail sur les machines « mathématiques » puis « informatiques ») et des divergences liées à la construction en cours de la discipline, mais aussi à des problématiques personnelles et organisationnelles des acteurs du Cnam. Claudine Fontanon dresse dans ce dossier le tableau de l'évolution des Mathématiques appliquées, à travers les chaires du Cnam, en préliminaire à ces transformations. À sa suite, Cédric Neumann décrit comment les conflits, en particulier avec la chaire de machines mathématiques dont le titulaire Paul Namian a fondé l'Institut d'Informatique d'Entreprise (IIE), se structurent autour de deux pôles : l'alliance ou la

8 Un entretien avec Claude Kaiser a été publié dans la revue *TSI* (Neumann & *al*., 2016). Il est en outre l'auteur d'un texte de synthèse sur l'émergence des Systèmes informatiques comme discipline dans le deuxième volume de ce numéro.

séparation avec la discipline adjacente, c'est-à-dire l'informatique de gestion (dont la légitimité comme sous-discipline fait débat) ; le contrôle des moyens de calculs, en particulier le laboratoire d'informatique, aux fonctions de support mais non encore de recherche. Plus encore, les domaines dessinés par les chaires, les départements et les instituts tendent à cloisonner certains développements disciplinaires. Peu d'échanges seront constatés à cette époque avec d'autres domaines qui pourraient avoir partie liée avec les activités en informatique, par exemple le domaine des machines-outils ou ceux de l'électronique et de l'automatique. Ces derniers, par exemple, se focalisent sur des partenariats avec des industriels (l'entreprise Bull, constructeur de machines informatiques central en France à cette époque), qui nourrissent par ailleurs les formations (formation des ingénieurs en interne). Ces conflits et différenciations vont affaiblir, ou du moins ne vont pas contribuer à renforcer le département au cours des deux décennies suivantes : peu écouté et peu présent dans les instances, il n'est pas un interlocuteur crédible alors que les années 1970 sont celles d'une diminution drastique de moyens liée à la crise économique, que les années 1980 sont un moment de réorganisation critique des structures de l'établissement.

C'est dans ce contexte que des premières initiatives de recherche sont proposées par Claude Kaiser, polytechnicien passé par l'INRIA et arrivé au Cnam en 1974, proche de la chaire Informatique et Programmation dont il prendra la suite en 1982. L'article de Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard donne à voir sa trajectoire et montre l'émergence du projet de laboratoire d'informatique, partant de l'équipe « Systèmes » qui s'agrège autour de Kaiser dès 1975. Celui-ci a fait rapidement après son arrivée en tant que Professeur en 1974, le constat de l'absence d'activités de recherche dans le domaine au Cnam, dans un rapport remis à l'administration générale l'année suivante. Malgré la non-reconnaissance de ses propositions, il monte une équipe de recherche informelle autour de lui, qui dès lors dirigera des travaux de mémoires d'ingénieurs et mènera des recherches en lien avec des contrats industriels, produisant des publications (rapports annuels de l'équipe « Systèmes » entre 1975 et 1980). La création d'un véritable laboratoire de recherche flotte pendant quinze ans, tandis que les apprentis chercheurs aiguisent leur veille, passent des thèses, et s'essaient à publier de premiers résultats de recherche – en particulier dans le domaine des systèmes répartis. Un laboratoire informel se construit au creux de la structure de support que constitue le laboratoire d'informatique (appelé aussi centre de calcul, qui était son nom dans les années 1960 avant qu'il ne soit rattaché plus formellement aux informaticiens), en cultivant une indépendance revendiquée par rapport au système hiérarchique des chaires du Cnam. Cette distance que gardent les apprentis chercheurs avec les structures en place est probablement une autre raison de la reconnaissance tardive de leurs efforts scientifiques au sein de l'établissement.

Ensuite, nous avons dégagé des facteurs socio-techniques, à partir des pratiques professionnelles de l'expérimentation informatique. Les années 1970 apparaissent comme fondatrices non pas de la discipline en soi mais d'une montée du domaine en théorisation, avec un regard tourné vers le domaine des systèmes informatiques. Au Cnam comme ailleurs, l'informatique a commencé dans la décennie précédente à trouver des bases théoriques pour le logiciel, actant la séparation, aux plans épistémologique et institutionnel, d'avec l'électronique. Comme précédemment évoqué, c'est à partir de la petite équipe « Systèmes » qui se forme autour de Kaiser qu'un prototype de laboratoire prend forme. Ce dernier a un parcours atypique[9] : d'ingénieur curieux d'innovation et d'expérimentation il devient chercheur à l'INRIA puis enseignant chercheur quand il rejoint le Cnam ; il opère une fonction de stimulateur, au carrefour de la recherche (contacts INRIA) et de l'industrie (réseau de polytechniciens). Nous avons choisi de proposer dans ce dossier un entretien avec le premier allié de Claude Kaiser, Gérard Florin : entré au Cnam comme maître-assistant, il a été responsable du laboratoire de calcul de 1974 à 1984 avant de devenir professeur dans l'établissement. Sa position et ses travaux en font un acteur clé de cette histoire, aux côtés de Kaiser. Les autres membres de l'équipe qui sera à la genèse du Cédric, relèvent de parcours d'ingénieurs socialisés au milieu scientifique qui souvent passent des thèses à l'Université Paris 6, le Cnam n'étant pas habilité (c'est le cas pour Stéphane Natkin, qui deviendra aussi professeur). Ils ont souvent un profil d'entrée dans la discipline défini par un hybride d'opportunité et de curiosité pour l'expérimentation et la formalisation des connaissances ; il faut situer cet hybride dans un moment où le domaine professionnel aussi bien que la discipline scientifique sont en construction. Pour les plus anciens, il s'agit d'une génération qui construit le métier et la figure professionnelle de l'informaticien – et *a fortiori* de l'informaticien enseignant-chercheur. Trois dimensions proactives favorisent leur entrée en recherche :

- une veille technologique accrue (le regard tourné vers les États-Unis) doublé d'une participation active aux sociétés savantes de l'informatique scientifique (avec notamment l'accueil des séminaires de l'AFCET au Cnam par l'entremise de Kaiser, la plus importante en France dans les années 1970[10]) ;

- la capacité à passer des contrats avec l'industrie, sous la forme de transferts d'ingénieurs qui viennent faire des recherches au Cnam – jouant le rôle de « jeunes chercheurs » dans une période où le Cnam ne délivre que des thèses de docteurs-ingénieurs, et non de troisième cycle ou d'État ;

9 *Cf.* l'entretien précédemment évoqué (Neumann & *al*., 2016).

10 L'Association française pour la cybernétique économique et technique, reconnue d'utilité publique en 1976.

- un goût pour l'expérimentation à l'interface du matériel et du logiciel, en particulier dans le domaine innovant des systèmes – les « systèmes répartis » en particulier, qui participent d'une nouvelle génération de machines dans les années 1970, des mini-ordinateurs fonctionnant selon le principe du « temps-partagé », après l'époque des grands systèmes de traitement par lot.

Les recherches sur les systèmes informatiques répartis sont émergentes et vont être stimulées par l'arrivée de Kaiser au Cnam. Ce domaine très innovant pour l'époque est aussi celui qui fait basculer la conception et l'usage de l'informatique dans une nouvelle phase, celle du temps-partagé, des multi-utilisateurs et des réseaux. En ceci, le lieu de rencontre de l'équipe « Systèmes » qu'est le laboratoire d'informatique joue un rôle crucial non plus seulement au plan institutionnel, comme abri quasi clandestin des activités de recherches, mais aussi au plan socio-technique, comme lieu carrefour des idées et pratiques de ces apprentis chercheurs en lien avec une communauté de scientifiques en France et à l'international : c'est autour de l'assemblage de machines expérimentales (les machines Unix en particulier) que se développe un goût pour l'expérimentation des systèmes d'avant-garde, systèmes d'exploitation compatibles, réseaux locaux et à distance… L'encadré d'Isabelle Astic proposant un focus sur la machine Systime 8750 acquise par le laboratoire au tournant des années 1980 montre plusieurs aspects de ces usages. On peut rapprocher l'ethos technoscientifique de ce petit groupe de l'esprit « hacker » qui mène les expérimentations d'avant-garde en informatique sur le plan international, avec lequel le groupe tisse de nombreux liens (Paloque-Berges, 2017). Ces recherches nécessitent une formalisation et une théorisation de plus haut niveau (afin de voir le système dans son ensemble et non seulement au niveau local d'une machine particulière) – et le second volume de ce double numéro est notamment destiné à les éclairer dans un contexte élargi. Certains des apprentis chercheurs évolueront vers des recherches plus théoriques (dans le domaine des réseaux de Pétri), après avoir accompagné la mise en place pratique des premiers réseaux de machine dans l'établissement.

Il faut mentionner pour terminer les alliances stratégiques qui ont permis à l'équipe Systèmes de s'agréger aux informaticiens du département (en théorie de la programmation en particulier) ou chercheurs liés au domaine de l'informatique – en particulier l'informatique de gestion et la recherche opérationnelle. De fait, en 1988, date de la demande officielle de la création du laboratoire, le groupe peut proposer une bibliographie significative et diversifiée de publications scientifiques. Cette force qui leur permettra de procéder à la création administrative pourra cependant être une faiblesse au regard des instances d'évaluation de la recherche scientifique qui s'appliqueront dès lors à juger les activités du Cédric. L'entretien que nous avons effectué avec Vivianne

Gal, cheville ouvrière et actrice essentielle des transitions administratives vécues par les chercheurs informaticiens depuis son arrivée au Cnam en 1981, révèle ainsi les nouveaux critères de reconnaissance apparaissant avec la formalisation du laboratoire. Secrétaire de la chaire d'Informatique-Programmation depuis la prise de fonctions de Claude Kaiser en 1982, et ayant contribué à la création administrative du Cédric, dont elle devient la responsable administrative dès sa création. Elle témoigne des conditions matérielles et les dynamiques institutionnelles de la recherche en informatique au Cnam – témoignage d'autant plus engagé que Viviane Gal s'est elle-même très tôt impliquée dans des travaux pédagogiques, puis scientifiques dans le domaine informatique.

Enfin, le projet de recherche dont sont issues nos analyses a abrité une dimension « humanités numériques » avec le développement d'un dispositif de recherche bibliographique pour l'analyse prosopographique des publications des informaticiens du Cnam entre 1968 et 1988, travaillant à produire une base de données documentaire enrichie. L'article de Gérald Kembellec, Raphaël Fournier-S'niehotta et Pierre Cubaud décrit le processus de conception du dispositif et son articulation au projet de recherches historiques. L'objet central de ce système d'information a été de mettre à la disposition des chercheurs les notices bibliographiques, mais aussi des résumés biographiques des acteurs scientifiques en informatique, de leurs collaborateurs inter et intra disciplinaire au sein du Cnam et d'autres institutions scientifiques académiques. Il a souhaité également mettre en place des liens avec des archives numérisées de littérature grise et documents administratifs fournissant des informations sur les conditions dans lesquelles les chercheurs ont élaboré leurs programmes de recherche. À l'interface des équipes historiennes, info-documentaire et informaticienne, le développement (en cours) d'un dispositif documentaire de traitement et consultation des documents et archives fait partie de l'analyse de la généalogie scientifique du laboratoire et de l'institutionnalisation de la recherche informatique au Cnam. Il permet d'analyser le champ épistémologique et sociologique des publications des acteurs de la création du laboratoire de recherche en informatique sur le plan thématique (quels sont les objets de recherche construits ? récurrents ?), sur celui des réseaux d'autorités (avec qui publie-t-on ? quelles institutions sont impliquées ?) et le tout sur vingt ans (quand ? quelle évolution ? continuités / ruptures ?). Est prévu d'y tester la possibilité de lier numériquement les ressources de publications, les notices biographiques et des éléments d'archives (administratives et orales) qui auront été numérisés.

Ce projet, retracé par ce dossier, aura ainsi regroupé des expertises multidisciplinaires. D'un point de vue historiographique, la perspective engagée a été prosopographique : il s'est agi de retracer les parcours scientifiques des acteurs clefs en se fondant sur leurs publications et réseaux socio-professionnels. D'un point de vue d'informatique documentaire, le

but aura été de tester et développer des outils liés au Web des données pour créer un corpus bibliographique et l'analyser. Enfin, d'un point de vue patrimonial, il aura proposé une première documentation de la mémoire scientifique des chercheurs en informatique du Cnam et de leurs réseaux académiques et industriels, et plus généralement d'un domaine symbolique des grandes transformations du savoir des dernières décennies.

Bibliographie

Beltran A. & Griset P. (2007). *Histoire d'un pionnier de l'informatique : 40 ans de recherche à l'Inria*. Paris : éditions EDP.

Collinot A. & Mounier-Kuhn P.-É. (2010). « Forteresse ou carrefour : l'Institut Blaise-Pascal et la naissance de l'informatique universitaire parisienne ». *La revue pour l'histoire du CNRS*, n° 27-28, automne-hiver, pp. 79-88.

Fontanon C., Grelon A., Paloque-Berges C. & Petitgirard L. (dir.). *Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1955-1975*, Paris : Garnier, à paraître.

Gouzévitch I., Grelon A. & Karvar A. (dir.). (2004). *La formation des ingénieurs en perspective : modèles de référence et réseaux de médiation : XVIIIe-XXe siècles*. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2004.

Grossetti M. (2004). « L'académisation des savoirs techniques. La lente progression des sciences d'ingénieurs dans les universités et la recherche académique », Communication pour le Groupe de Travail « Sciences, innovations technologiques et sociétés ». AISLF, Congrès de Tours.

Hayat S. (2017). « Les savoirs et leurs publics : l'exemple du conservatoire des arts et métiers (XIXe-XXIe siècles) ». *Innovations* 1/ n° 52, pp. 139-160.

Luc J.-N., Méchine S. & Picard E. (dir.) (2014). *Les archives universitaires. De nouvelles sources pour l'histoire de l'enseignement supérieur et de la recherche*. Paris : Éditions du Centre d'Histoire du XIXe siècle.

Mounier-Kuhn P.-É (2010). *L'informatique en France de la seconde guerre mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science*. Paris : Presses Universitaires de Paris-Sorbonne.

Neumann C. (2013). « De la mécanographie à l'informatique : les relations entre catégorisation des techniques, groupes professionnels et transformations des savoirs managériaux ». Thèse de doctorat en histoire, Nanterre, Université de Paris Ouest Nanterre.

Neumann C., Petitgirard L. & Paloque-Berges C. (2016). « Le Cnam : un lieu d'accueil, de débat et d'institutionnalisation pour les sciences et techniques de l'informatique ». *Techniques et Sciences Informatiques (TSI)* 35 (4-5) : pp. 584-600.

Neumann C., Paloque-Berges C. & Petitgirard L. (2016). « "J'ai eu une carrière à l'envers" : entretien avec Claude Kaiser, titulaire de la chaire d'Informatique-Programmation du Conservatoire National des Arts et Métiers », *Techniques et Sciences Informatiques (TSI)* 35 (4-5) : pp. 557–570.

Paloque-Berges C. (2017). « An early French Internet experience: a Decade of Unix cooperation ». *In* M. McLelland and G. Goggin (eds.), *Routledge Companion to Global Internet histories*. Londres : Routledge, pp. 153-170.

Petitgirard L. (dir.) (2015), « Le Cnam et la métrologie nationale » (dossier), *Cahiers d'histoire du Cnam*, 3/1.

Ramunni G., *Les sciences pour l'ingénieur. Histoire du rendez-vous des Sciences et de la Société*. Paris : CNRS éditions, 1995.

Encadré

Les chaires de mathématiques appliquées au Cnam à l'époque des Trente Glorieuses

Claudine Fontanon
Centre Alexandre Koyré, EHESS / HT2S, Cnam.

Au XIX^e siècle, les mathématiques appliquées sont faiblement représentées dans l'offre d'enseignement du Conservatoire. Les chaires de Géométrie descriptive et celle de Géométrie appliquée aux arts représentent ce domaine. Mais dès le début des années 1950, probablement en relation avec la demande croissante du nombre des ingénieurs et l'organisation de formations spécifiques, l'institution crée un éventail d'enseignement des mathématiques appliquées, à la fois dans le domaine technico-scientifique et dans le secteur économique.

En 1951 sont créées deux chaires : celle de Mathématiques en vue des applications aux arts et métiers avec pour titulaire Alexis Hocquenghem et celle de Mathématiques appliquées à l'art de l'ingénieur occupée par Maurice Parodi (Fontanon & Grelon, 1994). Alexis Hocquenghem qui s'était toujours intéressé à l'analyse numérique et à l'informatique fonde en 1970 le Département de Mathématiques et d'informatique. Les deux professeurs enseigneront jusqu'à la fin des années 1970. Avec la forte croissance des effectifs d'auditeurs dès le début de la période (2 790 auditeurs en 1960, 2 990 en 1961), une seconde chaire de Mathématiques appliquées aux arts et métiers dut être ouverte avec pour titulaire Paul Jaffard, bientôt suivie de la création d'une chaire de Calcul des probabilités et statistiques (1966) également occupée par Jaffard ainsi qu'une chaire d'Analyse numérique en 1965 confiée à Albert Amouyal en 1966. Le secteur de l'économie est également bien représenté avec la création d'une chaire de Mathématiques appliquées aux opérations financières en 1965 avec pour titulaire Pierre Bonneau et de Mathématiques appliquées aux assurances en 1970 confiée à Pierre Pétauton. Enfin, une chaire de Mathématiques appliquées (destinée aux physiciens) est finalement créée en 1970 avec pour titulaire André Avez.

On remarque à propos de l'ouverture de ces chaires est qu'elles n'ont suscité que des candidatures uniques, ce qui est un indice de la faible attractivité du Cnam dans le domaine des mathématiques appliquées. Les polytechniciens sont bien représentés alors que deux agrégés de mathématiques ont été recrutés : René Chénon, chercheur au CNRS,

et André Avez, professeur à la faculté des sciences de Paris, deux profils peu courants parmi les enseignants du Conservatoire. En revanche, le recrutement de polytechniciens est une donnée historique au Conservatoire. Rappelons qu'au XIX^e siècle, 75 % du corps professoral était formé par des polytechniciens, ce qui est évidemment à mettre en relation avec la haute culture mathématique de cette catégorie, donnée qui continue à opérer au XX^e siècle. Compte tenu de leur formation, ces candidats ont avant leur arrivée au Cnam exercé une activité dans les administrations de l'État ou dans de grandes entreprises privées.

Pierre Pétauton, polytechnicien, a été en 1975 contrôleur d'État auprès de l'UNEDIC et membre du Conseil national de la comptabilité, rapporteur particulier auprès de la Cour des comptes et contrôleur d'État auprès de l'Économat de l'Armée. Mais il a également été actuaire-conseil auprès de l'OCDE et de l'OTAN, du Conseil de l'Europe et de l'Agence spatiale européenne. En dépit de ces références, la commission des titres pour le recrutement à la chaire de Mathématiques appliquées aux assurances, le juge trop jeune (33 ans au moment de sa candidature).

Pierre Bonneau, chargé en 1965 du cours de Mathématiques appliquées aux opérations financières, polytechnicien est Ingénieur des manufactures de l'État et diplômé du Centre de perfectionnement des administrations et de la Chambre de Commerce de Paris. En 1948 il est affecté au service financier de la SNCF et nommé en 1965 chef de l'inspection générale de la comptabilité. Par ailleurs il enseigna à l'Institut des finances et assurances de 1950 à 1962 et devint directeur de cet institut.

Albert Amouyal, ingénieur de l'École supérieure d'électricité fit entièrement carrière au CEA comme chef du service de Calcul électronique pour l'équipement en calculateurs du CEA civil. Mais il fut aussi membre du Comité calculateur de la DGRST, de la Commission permanente du Ve Plan et du Conseil de l'Association française pour l'informatique et la recherche scientifique.

Les agrégés ont évidemment un parcours plus académique. André Avez, candidat unique à la chaire de Mathématiques appliquées, est docteur ès sciences mathématiques et titulaire de la chaire de Mathématiques à la faculté des sciences de Paris ainsi que *visiting professor* à Minneapolis et Berkeley. Il propose de faire un cours sur la théorie des groupes en vue des applications de niveau élémentaire et plus élevé pour les applications à la mécanique quantique. Il a enseigné à l'étranger, à Santiago du Chili en 1961, à Santa Barbara en 1962 à Londres et Porto Rico en 1965. Enfin, son dossier fait état de 42 publications scientifiques.

René Chénon, candidat à la chaire de Mathématiques appliquées aux arts et métiers en 1966, est agrégé de mathématiques Professeur de lycée jusqu'en 1954, il est détaché au

CNRS en physique théorique de 1954 à 1958. Il entre au Conservatoire comme chargé de cours de mathématiques préparatoires en 1962 puis chargé de cours de probabilités et statistiques mathématiques, de 1963 à 1966. Depuis son passage au CNRS, il s'est intéressé à la théorie des champs ainsi qu'aux applications des mathématiques aux sciences humaines avec notamment une conférence en 1964 à l'École des hautes études sur un modèle mathématique de propagation des opinions et des modes. Lors de sa candidature, il fait état de 6 publications majeures entre 1955 et 1964 dont le cours de l'École Centrale sur l'algèbre moderne. Deux profils peu courants parmi les enseignants du Conservatoire.

À l'époque des Trente Glorieuses, l'enseignement des mathématiques s'est considérablement étendu au Conservatoire probablement en relation avec la diversification des formations d'ingénieurs au Cnam. À la fin des années 1970, on compte sept chaires relevant de ce secteur et des milliers d'auditeurs.

L'Équipe Systèmes (1975–1980) et la genèse de la recherche en informatique au Cnam

Camille Paloque-Berges
HT2S, Cnam.

Loïc Petitgirard
HT2S, Cnam.

Résumé

Cet article retrace le moment de genèse scientifique et institutionnelle du laboratoire d'informatique du Cnam (Cédric) : la période 1975-1980, marquée par l'émergence d'une cohérence de recherches autour des systèmes informatiques et d'un groupe baptisé « Équipe Systèmes ». Nous montrons le processus de formulation d'un programme de recherche mobilisant des acteurs (chercheurs, enseignants, ingénieurs en formation) dans un lieu spécifique (le Laboratoire de calcul) dans le contexte particulier du Cnam. Nous analysons les modes d'organisation (interne au collectif et en rapport avec l'institution), les négociations autour de la reconnaissance du collectif et comment cette dynamique influe sur celle de l'établissement en matière d'équipement informatique. Pour étayer nos analyses, nous avons élaboré et mobilisé deux corpus : les publications scientifiques du collectif en évolution, permettant de qualifier la dynamique scientifique à l'œuvre ; un corpus bibliographique de tous les mémoires d'ingénieur Cnam sur la période étendue (1968-1990), pour situer la place des ingénieurs à différentes échelles.

Mots-clés *:* histoire de l'informatique ; institution scientifique ; systèmes informatiques ; systèmes d'exploitation ; expérimentalisme ; formation des ingénieurs ; légitimation des savoirs.

Le laboratoire Cédric, Centre d'Études et Recherche en Informatique du Conservatoire national des arts et métiers, qui apparaît sous ce nom en 1988, voit son existence administrative validée par les instances de l'établissement en 1990. Il est l'aboutissement de quinze ans d'efforts des informaticiens du Conservatoire pour développer une équipe visible et reconnue dans le champ disciplinaire français et international. Nous nous concentrons ici sur le moment de genèse à la fois scientifique et institutionnelle de ce laboratoire, que nous avons circonscrit à la période 1975-1980. Cette période est en effet marquée par l'émergence d'une première cohérence thématique de recherches, chez les protagonistes de la création du Cédric, autour du domaine des systèmes informatiques – en particulier les systèmes d'exploitation, centralisés et répartis, à partir de 1975. Dans les cinq ans qui suivent, plusieurs publications internationales sont parues sur le sujet majoritairement du fait de Claude Kaiser, l'un des instigateurs principaux d'une dynamique de recherche en informatique dans l'établissement, dans la continuité de ses travaux antérieurs à son arrivée au Cnam. Apparaissent également les premiers mémoires d'ingénieur, thèses et rapports de recherche produits par des informaticiens de l'établissement dans le domaine des systèmes informatiques. Ils sont accompagnés des premiers projets, contrats, collaborations et séminaires sur un sujet qui va devenir central pour ce collectif. Celui-ci, qui se donne le nom de « Groupe / Équipe Systèmes » inscrit ses activités au cœur du Laboratoire de calcul attaché au département Mathématiques-Informatique[1].

Cette courte période, 1975-1980, permet d'interroger comment un programme général de recherche se formule et se précise en mobilisant des chercheurs dans un lieu spécifique, le Laboratoire de calcul, dans le contexte particulier du Conservatoire. En effet, c'est un établissement dont le projet scientifique est tourné vers les applications industrielles et dont l'une des missions essentielles consiste dans la formation supérieure des techniciens et ingénieurs des différents secteurs de l'industrie. Celle des ingénieurs Cnam en particulier est un pivot entre les activités de recherche et cette mission de formation. Le groupe en train de se former

1 La dénomination « Laboratoire de calcul » désigne un service nommé « Centre de calcul » né dans la décennie précédente au Cnam, une salle d'ordinateurs destinée à répondre aux besoins de différents départements en matière de calculs scientifiques et de travaux pédagogiques. Il est depuis 1968 sous l'autorité du département Mathématiques-Informatique qui vient d'être créé. En 1975, il a pris le nom officiel de « Laboratoire d'informatique ». Dans les années 1990, il sera détaché du département, ne sera plus limité à des fonctions de support à l'enseignement et la recherche, pour devenir un service de support des équipements informatiques et des systèmes d'information de tout l'établissement, sans lien direct avec les laboratoires de recherche et les départements pédagogiques. Les acteurs interrogés utilisent pour le désigner sans distinction les termes « Laboratoire de calcul », « Centre de calcul » et « Laboratoire d'informatique » — ce dernier étant le terme officiel pendant la période étudiée pour cet article. Dans le cadre de ce texte, cependant, on lui préférera l'appellation « Laboratoire de calcul », afin d'éviter la confusion avec l'Équipe Systèmes, elle-même parfois appelée « Laboratoire de Systèmes Informatiques » par les acteurs, qui préfigure le laboratoire de recherche Cédric qui naîtra plus d'une décennie plus tard.

développe en effet une Unité d'enseignement (dite « valeur C »), dernier jalon dans le parcours de formation des ingénieurs propre au Cnam. Ces enseignements nourrissent les travaux des futurs ingénieurs en même temps qu'ils sont mis en capacité de devenir des collaborateurs des projets de recherche du groupe.

On interroge alors la construction de ce collectif de chercheurs et d'ingénieurs, à partir de l'impulsion donnée par un chercheur aguerri arrivé en 1975 de l'IRIA[2], Claude Kaiser, à des recherches sur la thématique des systèmes informatiques. Par collectif, nous désignons tout d'abord l'équipe de recherche en train de se construire à partir de 1975 et dans laquelle se trouvent des protagonistes majeurs de la fondation du Cédric en 1988-1990. Entité souple, elle évolue dans le temps et au gré de collaborations avec les acteurs de son environnement. Ainsi, nous ne considérons pas ce collectif comme un groupe figé de personnes dont l'appartenance à une même dynamique de recherche serait univoque et revendiquée. La définition du collectif intègre pleinement la dimension collective du travail de recherche dans ses contours des plus formels aux plus informels : co-autorité d'articles ou d'ouvrages, participation à des associations, travail commun ou partagé autour de logiciels et de machines, identification stricte ou plus lâche à des structures institutionnelles elles-mêmes en mutation (département, laboratoire, équipe, établissement). En bref, ces différentes dimensions définissant de manière souple le collectif sont elles-mêmes des expressions du collectif.

Comment se définit ce collectif en rapport avec l'environnement scientifique et technique du département Mathématiques-Informatique qui organise les activités pédagogiques dans le domaine ? Quelles négociations institutionnelles se déploient autour du statut et de la reconnaissance de l'équipe et de ses personnels entrant en recherche ? Enfin, en quoi cette dynamique vient-elle influencer en retour la politique d'acquisition du parc de machines, soutien aux activités de recherche et d'enseignement ? Ce cas particulier illustre selon nous une partie des processus de légitimation institutionnelle de la discipline informatique en France. En effet, jeune discipline explicitement définie par ses relations opérationnelles avec l'ingénierie, l'informatique est à l'époque en train de surmonter une difficile reconnaissance due à son « défaut » de théorie. Or, le Conservatoire est un établissement dont l'identité scientifique et technique est homologique avec la place particulière qu'occupe l'informatique au sein du champ académique, en cours de reconnaissance par le Comité Consultatif des universités et du CNRS précisément en ce milieu des années 1970. Notre intérêt pour ce cas ne repose donc pas tant sur les accomplissements d'une équipe ayant marqué l'histoire des innovations informatiques, que sur son

2 Institut de Recherche en Informatique et Automatique, devenu en 1979 l'INRIA (avec l'ajout de « National » dans le nom).

positionnement dans un champ institutionnel, modeste mais exemplaire et révélateur des évolutions de l'époque.

Pour répondre à ce questionnement, nous présenterons tout d'abord les sources et surtout les deux corpus construits et mobilisés dans nos analyses. Outre les archives et entretiens avec les acteurs, un premier corpus recense les publications scientifiques du collectif en évolution, permettant de qualifier la dynamique scientifique à l'œuvre. D'autre part, étant donné la place des ingénieurs en formation dans cette dynamique, nous avons pu construire un corpus bibliographique de tous les mémoires d'ingénieur Cnam soutenus sur une période étendue (1968-1990).

Nous détaillons ensuite les dynamiques d'émergence, de convergence et de cohérence des projets de recherche sur la thématique des systèmes : nous suivons des parcours individuels et différentes trajectoires signant l'émergence d'un collectif. Nous pointons ensuite la diversification et la spécialisation en domaines thématiques initiées par cette dynamique, que nous cherchons à inscrire dans les différentes strates du contexte institutionnel : celle du Laboratoire de calcul, afin de prendre la mesure de la collectivisation de la recherche et de sa relation aux machines du Cnam ; celle du département Mathématiques-Informatique et des conditions d'exercice de la formation professionnelle et des ingénieurs[3]. Dans une dernière partie nous remobilisons en termes thématiques et statistiques les mémoires d'ingénieur Cnam pour circonstancier des trajectoires d'ingénieurs passés par l'Équipe Systèmes et pour donner une vue d'ensemble sur les évolutions thématiques de ces travaux d'ingénieurs en formation sur une période un peu plus large.

Les deux corpus construits pour les analyses

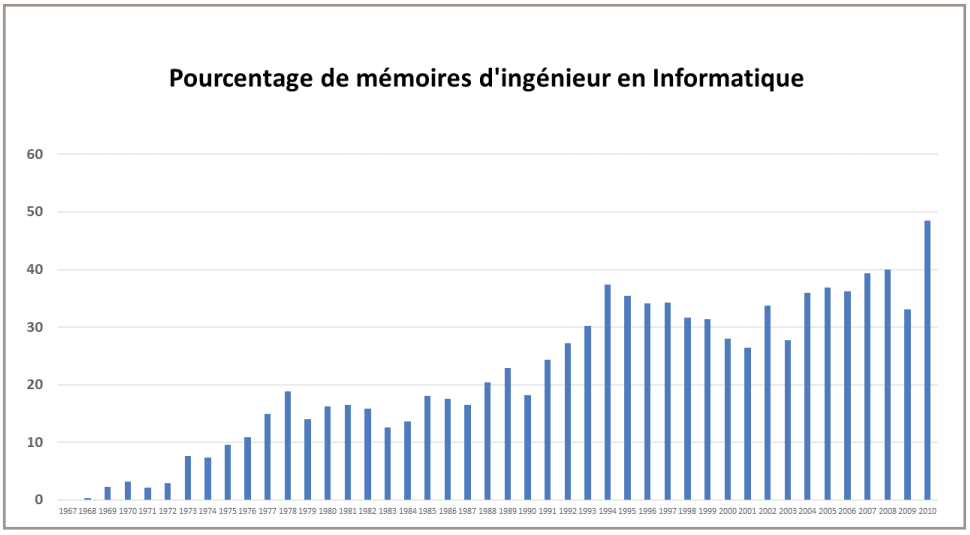
Cet article s'appuie sur un ensemble d'archives (administratives et scientifiques) : des projets et bilans d'activités de recherche[4], de publications académiques, de mémoires d'ingénieur, et d'entretiens réalisés avec les acteurs[5], sur la période qui nous occupe. La diversité de ces sources nous permet de multiplier les points d'entrée et perspectives sur les dynamiques à l'œuvre. Précisons en quelques mots les deux corpus en construction avec leurs spécificités : celui des publications scientifiques du collectif qui conduira au Cédric d'une part, et des mémoires d'ingénieur Cnam en informatique, d'autre part[6].

3 Nous remercions Claude Kaiser pour sa relecture attentive et ses compléments d'information.

4 Dossiers administratifs du Laboratoire d'informatique, ou « Laboratoire de calcul » (*cf.* note 1) [Archives Cnam, Dossiers Laboratoire d'informatique, 1972-1980, 1 carton, 34-02.11 B11-B12].

5 À ce jour, deux longs entretiens ont été effectués avec les deux premiers chercheurs de l'Équipe Systèmes, et parmi les fondateurs du Cédric : Claude Kaiser (Neumann & *al.*, 2016) et Gérard Florin (dans ce volume).

6 Les requêtes effectuées automatiquement sur les publications et les mémoires constituent l'étape



© Loïc Petitgirard

Figure 1 : Pourcentage de Mémoires d'ingénieur en Informatique

Pour constituer le premier corpus, nous avons confronté une liste de noms de publiants tirée des bilans de recherche des rapports d'activité de l'Équipe Systèmes à une requête bibliographique automatisée sur les bases de données de l'édition scientifique les plus susceptibles de référencer des articles en science informatique (ACM Digital Library, IEEE, Springerlink, *Techniques de l'ingénieur*, Google Scholar)[7].

En parallèle, nous avons construit un second corpus, recensant les mémoires d'ingénieur du Cnam. La bibliothèque du Conservatoire en possède une collection complète, nous permettant de constituer un inventaire sur les thématiques nous occupant. En limitant à cette période et thématique, en choisissant de centrer le corpus sur les mémoires produits au Cnam à Paris (et non dans les régions où par ailleurs le Cnam est présent), le corpus rassemble 600 mémoires[8]. Il nous permet d'être exhaustif sur les individus, ingénieurs en formation, impliqués dans cette période, d'une part, en gardant à l'esprit que cette implication est de nature

préliminaire d'un travail de réalisation d'un système documentaire web capable d'organiser, d'analyser et d'afficher ces sources. Voir Kembellec & *al.* dans ce volume.

7 Cette requête a été opérée plus largement à partir des noms recensés dans la bibliographie fondatrice du projet Cédric défendu au conseil scientifique en 1988-1989, afin de déterminer en rétrospective ce que publient les acteurs fondateurs du laboratoire avant sa création administrative – les résultats n'ont pas encore été confrontés aux archives post-1980.

8 Nous avons pris le parti de construire un corpus étendu, sur une période plus large 1968-1990, le terme « informatique » apparaissant pour la première fois dans ces mémoires en 1968 ; et pour englober l'installation du laboratoire Cédric.

variable : nous y trouvons des futurs ingénieurs qui deviendront des acteurs majeurs du Cédric, et d'autres ingénieurs en formation qui sont en fait très extérieurs à la problématique de la recherche en informatique au Cnam. D'autre part, nous analysons le corpus en termes thématiques et statistiques, dans la suite de l'article.

Mobilisant la base de données plus générale des mémoires d'ingénieur Cnam (tous domaines confondus), et à titre indicatif dans cet article, nous avons également pu faire un traitement statistique rapide pour quantifier la place prise par l'informatique dans les mémoires d'ingénieur réalisés au Cnam, sur la période très étendue 1968-2010, sur toute la France. Cela correspond à un ensemble de plus de 20 000 mémoires d'ingénieur au total.

Cette série statistique permet d'indiquer d'emblée que l'émergence de l'informatique au Cnam se produit sur la période 1974-1981. Cette émergence est suivie d'une période de stabilisation de la formation d'ingénieurs dans le domaine au fil des années 1980, jusqu'à une nouvelle dynamique, coïncidant avec l'institutionnalisation de l'informatique dans le laboratoire Cédric. Ces éléments n'ont qu'une valeur heuristique, néanmoins indicative de l'émergence que nous analysons dans cet article[9].

Un bilan et un programme scientifique pour l'informatique au Cnam

Prenant acte d'une activité en informatique très diverse et très éclatée dans les structures du Cnam, en 1975, le directeur Laurent Citti sollicite ses équipes pour dresser un bilan sur le sujet en vue du 7e plan d'établissement. C'est Claude Kaiser, recruté l'année précédente comme « maître de conférences »[10], qui remet le rapport pour le département Mathématiques-Informatique, intitulé « Prolégomènes à une politique de recherche en informatique ».

Kaiser a interrogé quinze de ses collègues et pris connaissance de deux études de 1972 : l'une de la commission Wisner sur l'état de la recherche au Cnam, l'autre de l'OCDE sur les problématiques et perspectives de la recherche fondamentale en informatique. La discipline est depuis cette même année reconnue sur le plan institutionnel, grâce à la création de

9 L'analyse des évolutions pendant les années 1980 et jusqu'en 2010 sort du champ de cet article. Il est manifeste que d'autres dynamiques sont à l'œuvre au-delà de 1990. Et il faut souligner que l'informatique prend une place considérable dans la formation des ingénieurs au début du XXIe siècle : 50 % des ingénieurs Cnam traitent des questions informatiques (contre 10 % en moyenne sur notre période d'émergence). Signe du poids pris par la discipline dans l'établissement, et dans le tissu socio-industriel plus largement.

10 À cette époque, avec une thèse d'État (équivalent de l'HDR actuelle), validée par le CCU (équivalent du CNU actuel) et étant inscrit sur la Listes d'Aptitude aux Fonctions de Maître de Conférences (LAFMC), un enseignant « de rang A » était recruté comme « Maître de conférences ». Ce n'est que plus tard que cette appellation sera transformée en professeur des universités par la ministre Alice Saunier-Séité. Il y a au Cnam un corps spécial avec des assistants, des maîtres-assistants et des sous-directeurs de laboratoire qui étaient nommés sans qu'ils aient de thèse (de 3e cycle, équivalent de la thèse actuelle, ou de docteur-ingénieur).

la sous-section CCU (Comité consultatif des Universités) « Informatique fondamentale et appliquée » et de la section CNRS « Informatique, automatique, analyse des systèmes et traitement du signal » (Mounier-Kuhn, 2010), en sus de son insertion dans une section multidisciplinaire du CNRS, « Sciences pour l'ingénieur » (Ramunni, 1995).

Un bilan, après 20 ans d'installation de l'informatique au Cnam

En 1975, Kaiser fait le constat d'une recherche quasi inexistante, dispersée, et non-publiante des informaticiens du Cnam, qui en outre ne seraient pas connus des industriels. En somme, dans leurs travaux de recherche, les informaticiens du Cnam ne sont reconnus ni de l'académie, ni de l'industrie. L'opinion de Kaiser sur le besoin d'une stimulation à la recherche s'appuie sur l'idée sous-jacente que l'établissement a non seulement été pionnier dans la formation en informatique, mais aussi que son identité se fonde historiquement sur la mise en relation de ces deux mondes.

On peut ajouter au raisonnement de Kaiser que cette situation est le fruit de plus de vingt ans d'évolution de la place de l'informatique au Cnam : depuis son installation dans l'institution, l'informatique a en effet suivi plusieurs trajectoires, liées aux évolutions des enseignements et à l'équipement en ordinateurs, relativement tardif dans le contexte international, par rapport au monde anglo-saxon (Neumann, Petitgirard & Paloque-Berges, 2016). L'informatique a trouvé sa place dès les années 1950 au Cnam, en lien avec les enseignements de mathématiques appliquées, de comptabilité (concernée au premier chef par la mécanographie), et l'électronique. L'informatique enrichit l'approche appliquée caractéristique des formations du Cnam en lien avec les demandes industrielles (constructeurs de matériel d'abord, puis les sociétés de services en informatique). Cette période pionnière voit la création du département Mathématiques-Informatique et de l'IIE (Institut d'Informatique d'Entreprise) en 1968, ainsi que l'installation de chaires dédiées à la discipline. Le département grossit rapidement en raison du développement très rapide de l'informatique : passant de deux à cinq chaires, regroupant douze à quinze enseignements selon les périodes, il présente une offre diversifiée. Il est divisé en trois spécialités : Mathématiques pures et appliquées, Mathématiques des cours d'Économie, et Informatique. Cette dernière filière comporte trois matières principales : Formulation mathématique du comportement des systèmes physiques en vue du traitement sur ordinateur (Jean Girerd[11]), Recherche

11 Ce cours est créé en 1965, et destiné « *aux physiciens et aux ingénieurs qui ne sont pas en contact direct avec les machines mais qui ont besoin d'en comprendre et d'en connaître suffisamment le fonctionnement* ». « *Audition de M. Jean Girerd, candidat au cours de formulation des systèmes physiques pour les machines mathématiques* » [Archives Cnam, Conseil de perfectionnement du 1er juin 1965, p. 4]. Voir aussi pour la création du cours le compte rendu du Conseil de perfectionnement du 28 septembre 1965 dans ces mêmes archives.

Opérationnelle (Robert Faure), Machines mathématiques (Paul Namian). Une quatrième matière s'y adjoint en 1973, avec la nomination de François-Henri Raymond à la chaire d'Informatique Programmation (Informatique théorique, méthodes de programmation) : alors que Raymond quitte le monde industriel[12], cette chaire est créée pour lui par Alexis Hocquenghem, par ailleurs titulaire de la chaire de Mathématiques appliquées et directeur du département. L'informatique est enfin sujet et moyen d'expérimentation pédagogique au Cnam, ce qui en a fait une thématique très populaire notamment grâce à la diffusion télévisée des cours de Paul Namian, chaire de Machines mathématiques (Hayat & Petitgirard, 2014). Ces quelques éléments éclairent ainsi le contexte pédagogique et scientifique avec lequel Kaiser doit composer en 1975, et fixent aussi les limites des orientations qu'il est possible de construire.

Des orientations scientifiques entre « héritage » et « futur laboratoire »

Nous soulignons l'implication des enseignants du Cnam dans la formation à l'informatique, mais le rapport de 1975 souligne lui leur faible activité de recherche et leur absence de volonté d'en faire : ce n'est pas leur « *identité* » selon Kaiser. Ce dernier, soutenant que la recherche devrait justement être un facteur de formation permanente des enseignants, propose alors deux axes de développement : d'une part impulser une recherche fondamentale en informatique, prenant acte de la spécificité du lieu où elle se déploiera (c'est-à-dire pas une université ou un établissement dédié à la recherche) ; d'autre part, assurer la modernisation du matériel et des moyens à disposition.

En effet, argumente-t-il, la discipline informatique est jeune, tout juste différenciée des mathématiques dont elle emprunte certains concepts mathématiques et logiques, sans pour autant en être une « *branche* ». Prenant à cet égard son indépendance par rapport aux mathématiques appliquées, elle est en train de se faire une place au sein des sciences de l'ingénieur, comme « *science du traitement, du stockage et de la communication de l'information considérée comme support des connaissances* » (Kaiser cite ici le rapport de l'OCDE). Elle est donc en pleine construction de son arsenal théorique et conceptuel, tout juste reconnue dans une épistémologie qui lui est propre, expérimentale, et prenant sens dans l'outil physique qu'est l'ordinateur. Les travaux théoriques et pratiques autour des systèmes, comme on le verra, jouent déjà un rôle crucial dans cette dynamique. En plein processus de légitimation académique, l'informatique ne peut toutefois oublier qu'elle est un des ressorts de l'activité industrielle, propulsée au-devant de la scène par le Plan Calcul. En ceci, Kaiser

12 Raymond sort en effet d'une période difficile liée à la place de son entreprise, la SEA, dans le contexte de la fin du Plan Calcul et de la réorganisation industrielle par l'État (Mounier-Kuhn, 2006).

remarque que les rapports soulignent les risques que la discipline encourt, à savoir verser dans les résultats immédiats et les développements demandés par l'industrie, et s'écartant d'une logique de recherche. Le Cnam, avance-t-il, est un lieu idéal pour réconcilier les deux « *dérives* » de la discipline en formation, la voie mathématique, trop abstraite et la voie industrielle, trop appliquée : il s'agira selon lui d'approfondir les concepts tout en dialoguant avec les industriels. Au cours de nos entretiens avec les membres du groupe réunis peu après autour de Kaiser, on entendra également que les industriels sont moins méfiants à l'égard des chercheurs Cnam qu'à l'égard des universitaires plus classiques, en raison de la tradition de collaboration de « l'esprit Cnam » avec l'industrie. Ainsi la légitimation de l'informatique comme domaine de recherche au Cnam cristallise les problématiques de la discipline en général.

Kaiser ajoute qu'il faudra moderniser le matériel, recruter des enseignants et ingénieurs désireux de recherche (« *de rang A* »), les former, ainsi que le reste du personnel (ingénieurs et techniciens) grâce à l'offre scientifique (séminaires, colloques…), développer les collaborations nationales et internationales. En somme, mettre en place une véritable politique de moyens en équipement et ressources humaines, sur le modèle des grands centres de recherche qui se développent, comme le MIT aux États-Unis et le technopôle scientifique de Grenoble en France, qu'il cite parmi d'autres. Cette politique sera un des autres outils de la légitimation de l'équipe de recherche en formation, mais elle se heurtera, comme on le verra plus loin, à la politique scientifique et technique de l'établissement et du gouvernement au sortir du Plan Calcul.

Les orientations scientifiques générales, proposées par Kaiser comme « *l'amorce d'un futur laboratoire* », se fondent sur les retours de ses collègues – un document issu sous forme de note interne précisera plus tard dans l'année les intitulés et responsables des différents programmes. Selon ce document, la première orientation est logiquement celle du titulaire de chaire en Informatique et Programmation depuis 1973, François-Henri Raymond, qui propose des recherches sur la programmation théorique et pratique. Précisons que deux autres chaires donnent leurs orientations aux enseignements du département Mathématiques-Informatique : celle d'Alexis Hocquenghem, titulaire de la chaire de Mathématiques appliquées, lequel était engagé dans des recherches dans le domaine dans les années 1950, mais s'en est écarté depuis ; et celle de Paul Namian, titulaire de la chaire Machines mathématiques, qui en raison de forts conflits avec ses collègues, se tiendra à l'écart de toutes les activités collectives[13]. Le programme de Raymond, intitulé « Théorie de la programmation », a pour but de « *faire avancer les méthodes et conceptions* » sur la base d'une analyse de l'algorithmique déductive, dans le cadre d'une

13 Sur la question des chaires, voir les textes de Claudine Fontanon et de Cédric Neumann dans ce même volume.

algèbre du calcul algorithmique. Mais il ne trouvera pas d'ancrage pour ce programme ambitieux au Cnam qui, de fait, ne laissera pas de traces dans les bilans et rapports des années suivantes[14]. Il est paradoxal que cette figure très importante de l'innovation française en informatique, ayant joué un rôle pionnier dans l'industrie de la construction d'ordinateurs, à la réputation d'« *ingénieur savant* » sachant dialoguer aussi bien avec les industriels qu'avec les universitaires, aux capacités d'inventivité et d'abstraction hors norme (Mounier-Kuhn, 2006), n'ait joué qu'un rôle de parrainage indirect dans la genèse de la recherche au sein de l'établissement où il détient un poste de chaire important. La théorie de la programmation trouvera un nouvel essor au sein du Cnam une dizaine d'années plus tard, avec l'arrivée, depuis l'IRIA, de Véronique Donzeau-Gouge sur un poste de professeur des universités.

Une deuxième orientation ne laissera pas de trace dans les archives après 1975 ni dans la mémoire des acteurs, à savoir l'axe « Recherches pédagogiques ». Il est à noter que se déploie parallèlement un projet de visualisation programmée sur écran des fonctions et des processus mathématiques, pour illustrer l'enseignement des mathématiques de cycle A du Cnam. Ce projet de pédagogie des mathématiques, porté par le Centre de Recherche et d'Expérimentation pour l'Enseignement des Mathématiques (CREEM), qui développe un « *enseignement programmé* », à savoir des « *réflexions sur les processus d'apprentissage et les manières de les améliorer, optimiser et automatiser* » (Neumann & *al.* 2016), ne relève cependant pas de la recherche en programmation informatique et n'est donc pas mentionné dans le document. Cependant, le nom de Frédéric Sourdillat, ayant participé aux côtés de Jérôme Chastenet de Géry à ces travaux, apparaîtra dans les rapports ultérieurs en tant qu'« *ingénieur chargé des télétransmissions et de l'enseignement assisté par ordinateur* », ayant passé une thèse en 1975 en lien avec cette thématique[15].

La troisième orientation, sur la thématique de l'informatique de gestion, se réalisera bien dans les années suivantes. Mentionnée dans les futurs rapports de recherche de l'Équipe Systèmes[16], elle se concrétisera en particulier dans les

14 Selon les témoignages de Kaiser et de Florin, l'activité de recherche de Raymond s'est à cette époque essoufflée – il se dirige vers la fin de sa carrière – et n'a pas trouvé au Cnam l'ancrage qu'il espérait, en partie du fait de l'aspect trop abstrait et très individuel des propositions de Raymond assorti d'un haut niveau en mathématiques absent du Conservatoire à l'époque. Les noms de Gérard Cesaroni, ancien élève de l'ENS Ulm en mathématiques et assistant au Cnam, et de François-Yves Villemin, également assistant, sont associés dans ce bilan prospectif aux projets de Raymond. Les acteurs interrogés témoignent de quelques travaux, mais aussi du fait qu'ils n'aboutiront pas.

15 Frédéric Sourdillat, « Réalisation d'un système d'enseignement de logique électronique assisté par ordinateur », 1975, thèse de troisième cycle, Université Paris 6. Il est affilié au « groupe recherche » du Laboratoire de calcul la même année.

16 En tant que programme de recherche, ou par le biais de ses chercheurs. On peut supposer que les archives de l'IIE abritent des documents de bilan propres et plus détaillés que dans celles du laboratoire de calcul.

stages des élèves ingénieurs de l'IIE (Institut d'Informatique d'Entreprise du Cnam) aux côtés des chercheurs sur les systèmes. On retrouve d'ailleurs l'intitulé « Systèmes informatiques de gestion » pour qualifier cette orientation dans un programme proposé par Étienne Pichat, directeur de l'IIE à l'époque, qui dirige également un séminaire de recherches sur le sujet. Ce programme est orienté sur les systèmes informatiques et d'information du point de vue des méthodes, concepts algorithmiques et outils. Rassemblant sur le papier une petite dizaine de personnes, on y retrouve par exemple Alain Cabanes, qui fut le prédécesseur de Gérard Florin à la (sous-) direction du laboratoire de calcul[17], et qui se spécialisera dans les bases de données. Dans cette décennie des années 1970, l'informatique de gestion dispensée à l'IIE est alignée au projet en construction. Les élèves ingénieurs de l'IIE participeront aux projets informatiques en construction, du fait de cet alignement et de leur formation de très bon niveau. En effet, il s'agit d'une école d'ingénieur qui propose plusieurs axes de formation : les mathématiques supérieures (nécessaire pour accréditer le diplôme de l'école auprès de la commission des titres), la gestion et l'informatique en vue des applications à la gestion (dont le sujet des bases de données et le calcul scientifique). Ce cursus se distingue par ailleurs de celui des « ingénieurs Cnam », car l'IIE forme des ingénieurs en formation initiale : les élèves de l'IIE ont un stage de 3e année à réaliser en entreprise, c'est dans ce cadre qu'ils émargeront dans les projets de l'Équipe Systèmes[18].

Dernière orientation préconisée par Kaiser, celle qui nous préoccupe particulièrement ici : l'architecture des systèmes informatiques, qui sera renommée entre 1975 et 1980 « conception des systèmes » ou alternativement « systèmes informatiques » et « systèmes répartis ». Ce programme sera au cœur de l'Équipe Systèmes, objet principal des rapports d'activité consignés au laboratoire de calcul. Le groupe de recherches sur les systèmes se réunit à l'IIE pour des séances de travail autour de « *discussions scientifiques* »[19] posées par l'activité en systèmes informatiques aussi bien pour la recherche que pour l'enseignement.

17 La direction du Laboratoire d'informatique échoie à un professeur de chaire, mais c'est le « sous-directeur », qui a par ailleurs un poste de Maître de conférences ou de Maître assistant au Cnam – c'est le cas de Gérard Florin – qui en opère sa direction effective.

18 Par la suite, dans les années 1980, les informaticiens de gestion sont présents dans la genèse du Cédric. Leurs relations avec les informaticiens du département Mathématiques-Informatique, et en particulier ceux impliqués dans les recherches sur les systèmes, seront marquées par une différence d'objectif, mais une stratégie commune de montée en recherche. Pour l'IIE, école d'ingénieur, l'informatique est utilisée en vue des applications (gestion, bases de données, calcul scientifique), donc la recherche est d'emblée appliquée. Les séminaires feront intervenir des industriels qui par ailleurs reçoivent des élèves de l'IIE en stage. L'IIE se concentrera alors sur la consolidation de sa structure de grande école. Si Étienne Pichat soutient la participation de l'informatique de gestion au domaine de la recherche en informatique, son successeur Alain Cabanes (nommé en 1984) changera de perspective, en autonomisant l'informatique de gestion et d'entreprise de l'informatique générale.

19 Le soulignement est de Kaiser.

Enfin, il faudra mentionner au sein de ce rapport de Kaiser l'orientation « *Applications de l'informatique, l'emploi de l'outil dans ses problèmes généraux* », qui évoque un travail sur les processus, transmissions des données. Dans le document programmatique qui circule peu de temps après, un axe « *Ingénierie de l'informatique* » pourrait correspondre à cette orientation, mais il semblerait que ces éléments se soient fondus dans les programmes de l'Équipe Systèmes et des informaticiens de gestion plutôt que de créer des axes à part entière.

L'émergence d'une dynamique de recherche

Kaiser pose un diagnostic et donne un cap : mais la constitution de l'équipe de recherche correspondante n'en découle pas simplement et le soutien de la hiérarchie du Cnam n'est jamais acquis. Concrètement parlant, la constitution de l'équipe et le développement de la recherche en informatique au Cnam sont le produit de la rencontre d'une trajectoire de recherche déjà mûre (celle de Kaiser) et de quelques activités expérimentalistes et pédagogiques au Laboratoire de calcul, sous la direction de Gérard Florin. C'est aussi la rencontre de ces deux personnalités qui vont s'accorder sur la mise en œuvre de cette dynamique de recherche. Ensemble ils vont convenir d'une répartition des rôles pour gérer les différentes dynamiques à l'œuvre : négociations administratives nécessaires pour obtenir les moyens de fonctionner ; définition des orientations de recherche ; présentation et défense des lignes de recherche et de formation aux différentes instances et comités du Cnam ; organisation du collectif dans un environnement composé d'un Laboratoire de calcul, de chaires et d'un département Mathématiques-Informatique.

Nous nous concentrons donc maintenant sur ce moment fondateur et ses protagonistes, pour montrer comment se négocie la transition vers la recherche de personnels scientifiques et techniques, et d'enseignants ; et pour en indiquer les conséquences sur la structure du Laboratoire de calcul, les équipements, les moyens matériels de l'informatique au Cnam.

Claude Kaiser – une carrière déjà mûre

Claude Kaiser est recruté au Cnam en septembre 1974 et sa charge d'enseignement se partage entre les cours du soir du Cnam et l'IIE, étant entendu qu'il pourra poursuivre son activité de recherche à l'IRIA. C'est son premier poste d'enseignant après une formation à l'École Polytechnique et à l'ENSGM, une première expérience d'ingénieur au Génie Maritime associé à un développement de pointe (Kaiser & *al.*, 1967), et un poste de chercheur à l'IRIA (où il a été membre de l'équipe qui a conçu et réalisé le système d'exploitation en temps partagé ESOPE entre 1968 et 1972). Il témoignera de ce

parcours « *à l'envers* », dit-il, comme le fruit d'une curiosité pour la technique et la recherche qui l'éloignera des carrières d'ingénieurs en entreprise qu'il assimile à des parcours commerciaux (Neumann & *al*. 2016).

Le domaine novateur des systèmes d'exploitation participe à légitimer la discipline informatique, qui n'est dès lors plus considérée seulement comme un savoir-faire technique. De fait, l'équipe d'ESOPE publie et communique dès 1970 à l'ACM (Association for Computing Machinery) sur la question de la gestion des processus et du partage des ressources dans un système multi-accès, et continue dans cette voie en approfondissant les thèmes de la conception et de l'implémentation du système à partir de processus parallèles (Bétourné & *al*., 1970, 1971 ; Kaiser, 1971 ; Kaiser & Krakowiak, 1974). ESOPE deviendra un point de référence dans l'histoire de la recherche française sur les systèmes d'exploitation des ordinateurs (Bétourné & *al*., 2004 ; Beltran & Griset, 2007).

La spécialité de Kaiser relève des systèmes à temps partagé, et plus précisément la réalisation de systèmes à accès multiples à partir de la gestion du parallélisme dans les environnements à temps partagé, depuis son doctorat d'État passé à l'Université Pierre et Marie Curie en 1973 (Kaiser, 1973). À son entrée au Cnam, il est encore au cœur des activités de l'IRIA sur les systèmes d'exploitation dans leurs aspects théoriques et pratiques (Kaiser, 1974a, 1974b), et commence à se spécialiser sur la protection des systèmes, aux côtés d'anciens coéquipiers, comme Jean Ferrié, mais aussi de nouveaux – dont Didier Lanciaux et surtout Bernard Martin, ingénieur CNRS passé de l'IRIA au Cnam à la même époque (Lanciaux & Kaiser, 1976 ; Ferrié & *al*., 1976, 1974).

Le manuel CROCUS, qui traite des systèmes d'exploitation, paraît en 1975 et contribue à rendre visible et plus légitime un domaine encore peu reconnu par les chercheurs académiques. L'ouvrage a été rédigé collectivement avec ses coéquipiers de l'IRIA (Bétourné, Ferrié, Krakowiak, et Mossière), et des enseignants-chercheurs spécialisés sur le thème des systèmes de Rennes, Grenoble et Nancy. Dans un texte revenant sur l'importance historique du CROCUS, Kaiser et ses co-auteurs soulignent que ce travail a contribué à rendre visible et renforcer le statut du domaine, à un moment où le statut académique de la discipline informatique est encore très discuté, et où « *parmi les informaticiens, les spécialistes de systèmes n'étaient pas les mieux considérés* » (CROCUS, *n.d.*). Il s'agit aussi au même moment d'ouvrir un espace de formation, et le Cnam devient à l'époque l'hôte des séminaires et écoles d'été annuels initiés en 1973 sur le sujet.

Les moyens de la recherche : le rôle de Gérard Florin

Malgré cette légitimation déjà relativement avancée du domaine des systèmes d'exploitation dans l'espace de l'enseignement supérieur et de la recherche,

la seconde moitié des années 1970 sont peu favorables au développement de la recherche expérimentale en informatique en France. La légitimation de la recherche sur les systèmes d'exploitation se voit alors contrainte par un contexte de politique scientifique et technique de pénurie : Gérard Florin, sous-directeur du laboratoire de calcul à l'époque témoigne de la stagnation des crédits d'équipement au centre de calcul comme dans le département jusqu'en 1977 au moins, c'est-à-dire sous la direction de Laurent Citti[20]. Or, comme le rappelle Kaiser dans ses « Prolégomènes à une recherche en informatique au Cnam » cité plus haut, il est nécessaire d'équiper les structures en matériel comme en ressources humaines qualifiées. Comment donc les velléités de recherche au Cnam se déploient-elles dans un contexte de pénurie ? Comment les deux principaux protagonistes enclenchent-ils cette dynamique ?

Gérard Florin, recruté au Cnam comme Maître assistant en 1971, devenu sous-directeur du Laboratoire de calcul en 1975, est l'un des rares informaticiens du Cnam à avoir déjà goûté à la recherche sur les systèmes. Lors d'un doctorat de 3e cycle soutenu en 1975 à l'Université Paris 6, il expérimente la liaison entre deux ordinateurs du Laboratoire de calcul, un Modular One et un IBM 360/30 (Florin, 1975)[21]. La congruence qui s'esquisse avec les sujets chers à Kaiser constitue un premier jalon sur lequel ils vont capitaliser et développer une activité de recherche scientifique qui deviendra celle de l'Équipe Systèmes. À propos des années qui suivent, Florin évoque la mise en place d'un « *travail de recherche à peu près normal » fondé sur des « discussions scientifiques* »[22] : une veille technologique accrue partagée lors de réunions s'apparentant à des séminaires, où le groupe partage autour d'articles internationaux. En 1976, le groupe accompagne l'accueil au Cnam du séminaire de l'Association française pour la cybernétique économique et technique (AFCET)[23] sur la « *structure des machines et des systèmes* » (animé par Kaiser). Florin oriente également la formation des personnels ingénieurs et techniciens du Laboratoire de calcul au domaine des systèmes d'exploitation, en accordant et supervisant des stages et des missions en séminaires, colloques et visites d'homologues en France et à

20 Les acteurs interrogés parlent d'une époque de restrictions budgétaires, fruit de la méfiance du gouvernement, sous la présidence de Valery Giscard d'Estaing, à l'égard du milieu de l'enseignement supérieur de la recherche. Depuis 1976, Alice Saunier-Séïté (d'abord Secrétaire d'État aux Universités puis Ministre des Universités) ne ménage pas le milieu de l'enseignement supérieur et de la recherche. Laurent Citti s'est associé à la campagne présidentielle de Giscard d'Estaing, il fait partie des conseillers scientifique et technique entourant le président pendant un temps : voir le parcours de Citti au Cnam, notamment, dans Petitgirard (2015).

21 Voir aussi l'entretien avec Gérard Florin publié dans ce volume.

22 *Idem*. Le soulignement correspond à l'insistance de Florin à l'oral sur le terme en question.

23 Principale association savante de la discipline informatique en France dans les années 1970, au cœur du mouvement cybernétique et soutien des travaux en recherche opérationnel (Hoffsaes, 1988, Triclot, 2013).

l'international[24]. L'Équipe Systèmes se constitue peu à peu avec quelques enseignants-chercheurs et ingénieurs récurrents au sein de ces activités, comme les ingénieurs de recherche spécialisés dans les systèmes informatiques au Laboratoire de calcul, Humberto Caria Lucas (ingénieur contractuel) et Bernard Martin (ingénieur CNRS), principaux collaborateurs de Kaiser et Florin. Elle participe en son nom propre au groupe BIGRE de l'AFCET[25].

C'est le thème de l'informatique répartie et multi-processeurs qui engage les premiers contrats de recherche. L'attention doit alors se porter sur l'organisation et la gestion des systèmes (configuration et méthodes de programmation), la synchronisation des processus répartis, qui sont des thèmes privilégiés par Kaiser avant son arrivée au Cnam, mais aussi la gestion des objets systèmes et la fiabilité des systèmes qui y trouveront un terrain d'ancrage privilégié. La question est cruciale et porteuse, selon Kaiser dans les « Prolégomènes » sus-cités, car les structures des systèmes centralisés ne sont plus adaptées à l'offre industrielle de composants matériels construits à coûts compétitifs – soulignant ainsi au passage l'importance de l'offre industrielle dans les perspectives scientifiques du Cnam. Il faut, dit-il, simplifier, fiabiliser et rendre plus efficace l'architecture des ordinateurs – mais aussi et surtout la traiter sur le plan des classes de problèmes et non de cas particuliers. La thématique est d'autre part poussée par l'organe de financement SESORI[26], qui depuis l'IRIA est chargé d'assurer la liaison et la coordination nationale des thématiques liées à la recherche informatique avec le Plan Calcul (dont les multi et microprocesseurs font partie), afin d'assurer les débouchés industriels tout en guidant la recherche (Beltran et Griset, 2007, p. 81).

Kaiser, Florin et Caria Lucas, sont impliqués dans le premier contrat SESORI passé en 1976 avec la société TITN[27], pour l'« Étude d'un réseau arborescent de microprocesseurs pour la gestion décentralisée de processus complexes en temps réel »[28]. La présentation de ce contrat auprès des instances

24 En témoigne par exemple la participation au stage « Systèmes d'exploitation » de 1978, animé par Florin, de deux ingénieurs de recherche, Humberto Caria Lucas et Bernard Martin, d'un ingénieur spécialisé dans les transmissions, Frédéric Sourdillat, ainsi que d'un agent technique, Bourdoncle ; ou encore des missions de Caria Lucas aux colloques « Microarchitecture des systèmes informatiques » en 1975, « Programmation globale des synchronisations dans les applications en temps réel » en 1977, et aux journées AFCET « Multiprocesseurs et multiordinateurs en temps réel » en 1978, de Guy Chemla aux séminaires « Micro-processeurs », « Micro-ordinateurs » et « distributed processing ».

25 BIGRE, pour « Bulletin d'Information du Groupe de Recherche sur les outils de conception et d'écriture des systèmes opératoires », est un périodique patronné par l'AFCET et l'IRIA.

26 Service de synthèse et d'orientation de la recherche en informatique.

27 La TITN, pour Traitement de l'information et techniques nouvelles, est à l'époque une petite société d'ingénierie dirigée par Claude Guignard.

28 Il s'agit d'étudier le réseau SPS du CERN dont le système informatique est mis en place par Jacques Altaber.

du Cnam fait état notamment de l'expertise de Florin acquise pendant sa thèse et l'expérimentation de la mise en liaison de deux machines du Laboratoire de calcul, signe de l'ancrage du sujet sur le terrain du Cnam. Ainsi, l'autorité d'une dynamique de recherche ne repose plus seulement sur l'expérience scientifique de Kaiser auprès des instances administratives de l'établissement. Parmi les autres membres du projet, on trouve des ingénieurs du laboratoire de calcul (Caria Lucas et Guy Chemla), des élèves ingénieurs de l'IIE[29], signalant une collaboration active et stratégique avec les informaticiens de gestion qui ne cessera pas les années suivantes.

Dans la lignée des « Prolégomènes à une recherche en informatique » rédigés en 1975 par Kaiser, le travail avec TITN est justifié comme ne visant pas à se substituer à une application industrielle mais à travailler en parallèle de celle-ci : des solutions applicables à une classe de problèmes et non des cas particuliers. Cependant, en vertu de la spécificité du Cnam, c'est aussi une optique d'ingénierie qui est visée : « *Nous pensons, de plus, que les réalisations qui nous seront demandées dans notre activité d'ingénierie dans les années à venir, devront de plus en plus, mettre en œuvre des ensembles de processeurs et en particulier très souvent de microprocesseurs* »[30].

Diversifications et spécialisations de l'Équipe Systèmes

Les rapports de 1978-1979 sont les plus fournis, dévoilant une différenciation en thèmes de recherche avec des contrats correspondants : conception des systèmes répartis ou distribués, sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques ou du logiciel, gestion de la mémoire et génie logiciel. C'est en mettant ces rapports en perspective avec les résultats, sous la forme des publications, qu'on se rend compte que les chercheurs, élèves ingénieurs compris, peuvent passer d'un projet à l'autre, et que les thématiques ont des frontières loin d'être étanches dans la réalité des travaux.

Des collaborations thématiques

Dans la thématique « Conception des systèmes », Kaiser est omniprésent avec des recherches produites hors Cnam : sa participation au projet Chorus à l'IRIA (Rozier & *al*. 1988), ou au groupe CORNAFION pour l'ouvrage sur les systèmes répartis qui paraîtra en 1981 (Cornafion, 1981). C'est sous son

29 Hanout et Decourson, « Étude d'un réseau arborescent de microprocesseurs », mémoire IIE, 1976. L'élève ingénieure et technicienne du laboratoire de calcul Évelyne Germain sera aussi affiliée au projet. Elle passera en 1984 son mémoire d'ingénieur Cnam portant sur le langage Modula : « Application système en Modula-2 ».

30 Note interne sur la présentation du contrat TITN par Kaiser à la hiérarchie du Cnam [Archives Cnam, dossier Laboratoire d'informatique, *op. cit*.].

impulsion qu'un 2e contrat SESORI est acté, cette fois avec la SSII CERCI[31] (« *première société européenne en informatique industrielle* »), sur plusieurs projets dont des études et développements pour Peugeot, un multicalculateur à haute disponibilité pour la conduite d'un atelier mécanique (Kaiser, Langet & Poitvin, 1978 ; Kaiser & *al.*, 1978a, 1978b ; Gaudé & *al.,* 1980a, 1980b). La collaboration avec la CERCI signe le début d'une économie de la recherche pour l'Équipe Systèmes qui permet à Kaiser de négocier avec les instances du Cnam le reversement d'une partie de la taxe d'apprentissage dans les projets, dans le cadre d'une augmentation des crédits de recherche[32]. Cela permet aussi à l'équipe d'enchaîner sur un nouveau contrat SESORI-CERCI, comprenant des études pour un système de gestion en temps réel pour ESSO, donnant également lieu à un mémoire d'élève ingénieur de l'IIE[33].

La thématique de la « Sûreté du logiciel au niveau des systèmes d'exploitation » est une spécialisation dans laquelle Stéphane Natkin s'investit comme élève ingénieur au Cnam. Il jouera un rôle prédominant dès lors aux côtés de Kaiser, Florin et Martin jusqu'à la création du Cédric. La CERCI l'a embauché[34] pour les travaux sur l'atelier mécanique dans le premier contrat CERCI. Avec Martin ils occupent une partie du projet SESORI-CERCI. La question de la protection devient alors centrale dans les travaux sur les systèmes distribués au cœur du groupe[35]. Avec Florin et Bernard Lemaire, bras droit du titulaire de la chaire de Recherche opérationnelle, Robert Faure[36], Natkin s'engage dans un 3e contrat SESORI-CERCI, le projet SURF, en 1979, qui conduira Florin et Natkin à combiner les processus stochastiques et les réseaux de Petri, une avancée reconnue à l'international. Claude Kaiser insistera sur la valeur de ces travaux pour la montée en recherche de l'équipe, les décrivant comme « *une page glorieuse des travaux de recherche théorique (avec de belles difficultés mathématiques pour des systèmes stochastiques*

31 CERCI : Compagnie d'études et de réalisation de cybernétique industrielle, une SSII d'ingénierie industrielle, dans le cadre du groupe Schneider, créée en 1962. Elle est rachetée en 1986 par la Sema-Metra première SSII française fondée en 1958 [URL : http://www.feb-patrimoine.com/projet/sommaire_histoire/sea_summary.htm]. La CERCI naît « *à l'époque du partage des restes du Plan Calcul* », quand SEMS, filiale de Thomson, rapatrie ses activités de recherche à Paris, ses ingénieurs grenoblois démissionnant pour fonder des petites sociétés – dont la CERCI (Grossetti, 1995, p. 131). Kaiser avait des contacts anciens avec Philippe Sahut d'Izarn et Bernard Girard, respectivement président et directeur scientifique de la CERCI.

32 Lettre au directeur du Cnam, 1977.

33 Guesnon, « Mesures sur un système conversationnel », Mémoire IIE, 1978. Voir aussi (Guesnon & Kaiser, 1978).

34 La CERCI embauchera plus tard un autre chercheur qui sera également impliqué dans la fondation du Cédric : Éric Gressier-Soudan.

35 Natkin, « Quelques aspects de la sûreté de fonctionnement de systèmes informatiques », Mémoire d'ingénieur Cnam, 1978. Voir aussi la monographie AFCET de Bernard Martin (1979), ainsi qu'un rapport de recherche (« Problèmes de protection dans les systèmes distribués » rapport de recherche n° 3, 1978).

36 Voir la thèse de Lemaire (1978), ainsi qu'un cours préparé par Lemaire et Natkin en 1979 intitulé « Introduction à la sûreté de fonctionnement des systèmes ».

semi-markoviens) et pratique (chaîne de développement RDPS, applications avec la CERCI) du Cnam, tout à fait conforme à l'esprit de cette maison dédiée aux Arts et Métiers et de l'informatique [qui est] *forte quand elle conjugue la science et la technique* »[37]. Accompagné par plusieurs travaux d'élèves ingénieurs[38], Natkin soutient successivement en 1978 et 1979 au Cnam un mémoire d'ingénieur et une thèse de Docteur-ingénieur, cette dernière introduisant le concept de réseau de Petri stochastiques[39]. Tous deux soutiennent en 1985 une thèse d'État à l'Université de Paris 6. Le cas d'étude sera le métro de Caracas pour l'appel d'offres duquel répond la CERCI, avec donc une forte dimension applicative[40]. Un contrat est également passé avec la CII-Honeywell Bull pour des études sur le système niveau 64, qui mobilise Martin, ainsi que deux élèves ingénieurs, sur la question du traitement des erreurs de programmation système et sur la gestion de segments de tailles différentes[41].

Enfin, la thématique du « génie logiciel » s'engage sur des problèmes de portabilité et d'écriture par le biais du langage PASCAL (Kaiser & *al.*, 1983)[42].

37 Email aux auteurs, 17 avril 2017. Voir les communications conjointes de Florin et Natkin dans des congrès : « Utilisation des réseaux de Petri dans les problèmes de tolérance aux pannes » (Journées AFCET sur les schémas de systèmes parallèles, décembre 1977) ; « Utilisation des réseaux de Petri et des processus stochastiques pour la modélisation d'un protocole de communication (Journées de travail temps réel SFCET, 1978). Pour leurs thèses, voir Florin (1985) et Natkin (1980, 1985). Les réseaux de Petri ont été choisis, en raison de leur finesse et de leur capacité de visualisation, pour modéliser le comportement de systèmes informatiques. Ce modèle comportemental a été complété par des processus stochastiques qui permettent de calculer la sûreté de fonctionnement. Cet enrichissement a posé des problèmes sérieux de calcul probabiliste dont la solution formera le socle de leurs thèses d'État. Les réseaux de Petri stochastiques qu'ils ont ainsi inventés et assis sur le plan mathématique et théorique permettront de représenter des applications informatiques industrielles complexes : « *Outre leur intérêt "figuratif" et pédagogique, ils couvrent les modèles classiques (comme la file d'attente par exemple) en les généralisant* » (Natkin, contrat SURF, 1979).

38 Bernard (« Simulateur de réseaux de Pétri », mémoire IIE, 1978). *Cf.* aussi Lebeurier & Mangeol (1979), Lonc, Florin & Natkin (1979), Baconnet & *al.* (1981).

39 Les titres des mémoires étant respectivement « Quelques aspects de la sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques » et « Les réseaux de Petri stochastiques et leur application à l'évaluation des systèmes informatiques ». Claude Kaiser (email *cit.*) rappelle que la composition des jurys était exceptionnellement prestigieuse pour des diplômes de ce rang : François-Henri Raymond en tant que directeur du jury, puis Robert Faure (chaire de Recherche opérationnelle), Bernard Lemaire (futur successeur de Faure à sa chaire), Bernard Girard (directeur technique de la CERCI), Jean-Claude Laprie (chargé de recherche au LAAS de Toulouse) et enfin Florin et Kaiser.

40 Selon la spécificité des recherches du Cnam, la deuxième phase du projet est applicative, consacrée à développer la chaîne RdPS (Réseaux de Pétri Stochastiques), un outil opérationnel qui doit permettre l'utilisation des réseaux de Petri stochastiques, via une interface pour des utilisateurs non spécialistes, par des ingénieurs de conception de systèmes. De nombreux mémoires Cnam ou IIE, et plusieurs thèses seront conduites au Cnam dans la lignée de ces travaux jusqu'à la fin des années 1980.

41 Mémoires IIE de Chapelain (« Application d'un schéma théorique au traitement des erreurs », 1978), Maltier (« Regroupement des petits segments », 1978) et rapport de recherche de Bernard Martin (« Gestion des noms dans le système GECOS 64, rapport de recherche n° 5, août 1978).

42 Mémoires ingénieur Cnam de J. Crouzilles (« Accès concurrent sur microprocesseur », 1979), H. Honig (« Étude et réalisation d'un programme d'aide à la composition des textes », 1979) et H. Caria Lucas (« Le BCPL : langage de programmation système »).

Ils mobilisent les ingénieurs Caria Lucas, Martin, ainsi que des élèves ingénieurs du Cnam et de l'IIE et des boursiers préparant une thèse ; mais ils s'élargissent plus généralement aux travaux sur les systèmes informatiques, avec des contributions de Kaiser, Martin, et au moins trois élèves ingénieurs IIE (Kaiser, 1978)[43]. Cet axe regroupe également les premiers travaux dits « intérieurs » au Cnam (hors contrats, sur financement du Fongécif[44]), notamment des travaux menés par des élèves ingénieurs sur la réalisation d'interfaces de réseaux en boucle[45].

Un laboratoire dans un laboratoire

Les recherches sont effectuées et consignées aux activités du Laboratoire de calcul, dont la mission est de « *mettre en œuvre les moyens de calcul nécessaires à la réalisation des travaux-pratiques d'informatique, de développer les recherches en informatique, d'offrir l'accès à ses moyens de calcul à tout utilisateur interne au Cnam* »[46]. Ce service est dirigé par un professeur de chaire, en l'occurrence Alexis Hocquenghem, mais la gestion réelle revient à un sous-directeur, à savoir Florin en 1975 après deux spécialistes d'informatique de gestion, Claude Delobel et Alain Cabanes. En 1975, il est organisé en trois groupes : la maintenance des environnements machines (mise en œuvre et maintenance, pour les usages dits scientifiques et pédagogiques), l'informatique de gestion pour l'administration (orienté vers les applications pour l'administration, en particulier la paie), et un groupe de recherche qui n'a encore de recherche que le nom, mis à part quelques travaux isolés (dont les deux thèses de Florin et Sourdillat citées plus haut). En 1976, il accueille 76 diplômes d'ingénieurs Cnam et IIE, et plus de 1 000 utilisateurs chaque année : département Mathématiques-Informatique, IIE, stages de formation continue, instituts avec une formation à l'informatique comme l'IESTO (Institut des études Économiques, Sociales et Techniques de l'Organisation).

Plus tard, Kaiser nommera parfois l'Équipe Systèmes le « laboratoire de systèmes informatiques ». De fait, le laboratoire de calcul s'oriente vers les travaux de l'Équipe Systèmes, et vice-versa. Dans les rapports de l'Équipe Systèmes, Kaiser et Florin commenceront à formaliser ces contributions

43 Les noms qui apparaissent dans les rapports de recherche consignés dans les archives du Laboratoire d'informatique sont, sans plus de précision : Maltier, Curat, Gardin.

44 Le Cnam hébergeant des formations continues, ses élèves peuvent bénéficier du Fonds de Gestion des Congés Individuels de Formation (Fongécif).

45 Mémoires IIE de Pierre Aitelli (« Définition d'une interface de réseaux en boucle », 1977), Luxardo (« Système de communication local : Étude et réalisation d'une architecture de boucle utilisant les microprocesseurs, 1979) et Rojtenberg (« Réalisation d'un système boucle », 1979).

46 Bilan et prévisions du laboratoire de calcul, 1978 [Archives Cnam, dossier Laboratoire d'informatique, *op. cit.*].

en les quantifiant au regard des activités du Laboratoire de calcul : 1 enseignant à temps partiel (Kaiser, 10 %), 1 responsable du Laboratoire de calcul (Florin, 10 %), 1 chercheur à mi-temps (Natkin, 50 %, sur contrat), 1 élève IIE. Les ingénieurs et techniciens du service sont formés et intégrés aux projets de recherche, en particulier le séminaire « Systèmes informatiques » organisé au Cnam[47] : « *Leur participation à un tel séminaire leur permettrait d'ajouter à leur connaissance pratique des systèmes des connaissances plus fondamentales qui leur seront également utiles dans la perspective d'un renouvellement des matériels informatiques du Cnam* »[48]. Au cours de ces cinq années, Florin n'aura de cesse de demander promotions et reclassements pour les ingénieurs du laboratoire, alors que le service passe par une période de troubles, allant jusqu'au blocage du système de paie par le personnel en 1976 – une grève notamment expliquée par une gestion complexe d'un parc de machines, avec du travail de nuit, et un décalage entre les postes et les fonctions réelles.

La convergence du Laboratoire de calcul et de l'Équipe Systèmes est en effet rendue visible par la politique d'acquisition de matériel du service. Les ordinateurs, de 1975 à 1979, sont réduits à un IBM 360/30, un Modular-One et un terminal lourd branché sur l'IBM 370/65 du CIRCE[49] pour la transmission de calculs scientifiques par lot pour des besoins en physique, thermique, chimie, électronique, informatique, analyse numérique. Florin alerte l'administration chaque année sur le vieillissement du matériel. En 1978, le laboratoire fait le bilan de son matériel et plaide pour l'accroissement du matériel permettant les travaux interactifs, pour le développement de programmes en langage FORTRAN (travaux pratiques scientifiques de bas niveau), COBOL (travaux pratiques gestion), PASCAL (travaux pratiques en initiation aux systèmes avec extensions PASCAL). Cette année-là, l'IBM 360/30 a 10 ans et, selon Florin, « *tient tout le Cnam* ». Sur l'IBM du CIRCE (« *accès par réservation des chercheurs ayant des applications scientifiques* »), les congestions et conflits qui en résultent sont nombreux, les coûts sont élevés, les machines manquent de performance. Les crédits finissant par se débloquer, c'est du côté des mini-ordinateurs de DEC que se tourne le laboratoire. Nonobstant la politique nationale préférentielle, qui contraint depuis le Plan Calcul les établissements publics à s'équiper en équipements informatiques français mais n'offre en matière de mini-ordinateurs que des MINI 6 de

47 Par exemple les missions pour les ingénieurs systèmes Caria Lucas et Germain pour suivre le séminaire « Systèmes informatiques », en sus des missions déjà mentionnées. Plus tard, en 1979, le nouvel arrivé Daniel Lippman, en tant qu'ingénieur systèmes, est envoyé à l'école des Systèmes distribués et au séminaire Informatique répartie en juin 1979.

48 Lettre de Florin au Directeur du Cnam, 1975 [Archives Cnam, dossier Laboratoire d'informatique, *op. cit.*].

49 Centre inter-régional de calcul électronique à Orsay, dépendant du CNRS.

Bull, limités à l'informatique de gestion, Florin et son équipe finissent par réussir à acquérir des mini-ordinateurs DEC en 1979 et 1980 : les célèbres PDP 11/70 et VAX 780.

L'argumentaire pour ce choix s'appuie en partie sur la recherche sur les systèmes : il faut se mettre au niveau des universités américaines et européennes, trouver des ordinateurs qui soient non seulement puissants, mais intègrent aussi les « *concepts actuels* » en matière de système. L'argumentaire se fonde sur la nécessité d'apprendre les langages de programmation (postes conversationnels en accès interactif), l'étude des algorithmes et la réalisation de gros programmes (recherche opérationnelle et analyse numérique), et surtout la construction de systèmes logiciels. Les thèmes du groupe de recherche en systèmes informatiques sont largement convoqués dans l'argumentaire, bien que les autres recherches soient convoquées afin d'illustrer ses apports multi-fonctionnels. Le choix du VAX est justifié par sa puissance de calcul, son rapport qualité/prix, sa conception récente « *intégrant la plupart des concepts actuels en informatique* » (il est commercialisé depuis 1977), sa compatibilité au niveau du jeu d'instruction avec l'ordinateur de l'administration, son intérêt en gestion comme en calcul scientifique. Il est question d'y installer et d'expérimenter le système Unix, système d'exploitation américain d'avant-garde développé chez AT&T et enrichi par l'Université de Berkeley, *best-seller* international dans les milieux de la recherche en informatique (Kelty, 2008)[50].

Enfin, le Laboratoire de calcul abrite des recherches appliquées (ou plus exactement des projets d'implémentation pratiques de recherches effectuées ailleurs) qui seront parmi les plus novatrices. Se focaliser sur les machines permet de voir émerger de nouvelles recherches sur lesquelles les informaticiens du Cnam communiquent relativement peu, et ne publient pas du tout. Dès 1976, et à plusieurs reprises est demandé un terminal supplémentaire pour un accès au réseau de données Cyclades, développé à l'IRIA depuis 1971, afin de pouvoir tester ce nouveau réseau de communication par paquet (système Cigale), d'avoir accès à des systèmes en temps partagés et à leurs logiciels à but pédagogiques et scientifiques (compilateurs PASCAL et SIMULA sur IRIS 80, système CP 67 sur 360/67 Grenoble). L'ingénieur Caria Lucas est missionné pour suivre le séminaire « Conception des réseaux informatiques » à l'IRIA : « *Ce séminaire est du plus grand intérêt pour le laboratoire d'informatique [laboratoire de calcul] dans la perspective de l'insertion d'un des ordinateurs du laboratoire dans le réseau Cyclades* ». La demande est renouvelée en 1978 par Florin, arguant des finalités

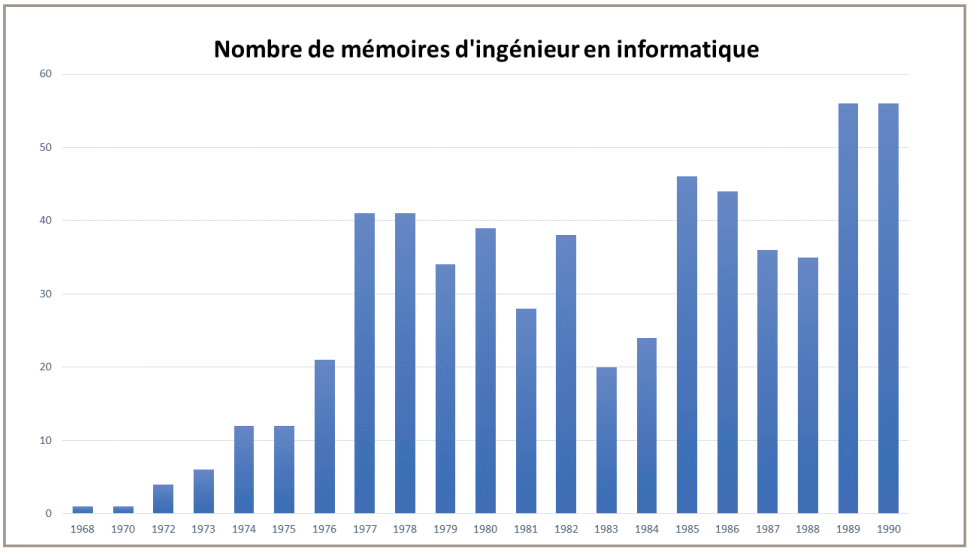
50 L'utilisation du système Unix repose en partie sur l'expérience acquise par l'équipe de Jean-Christophe Hanout, Humberto Lucas, Bernard Martin : elle a participé au projet pilote IRIA/SOL « Bases du génie logiciel » de l'Agence de l'Informatique (avec Michel Gien) et, à ce titre, a étudié le transport du système Unix sur le calculateur Mitra 15 de la société SEMS et sur le calculateur Mini 6 de la CII-HB.

pratiques que ce projet de recherche novateur : « *il me paraît très souhaitable pour le Cnam d'acquérir une compétence dans le domaine des réseaux d'ordinateurs, qui est en pleine extension, à l'occasion d'une expérience en collaboration avec l'IRIA* » (Lettre au Directeur du Cnam, 1975, *op. cit.*). Cyclades s'arrêtera en 1978 avant que le Cnam n'ait pu obtenir un accès. Cependant, les ingénieurs se forment aux réseaux, à la fois locaux, sur Ethernet, et à distance, sur commutation de paquets. La question des réseaux, locaux et à distance, occupera une grande partie des travaux pratiques du laboratoire de calcul. L'acquisition des machines Unix sera l'occasion d'interconnecter les bureaux des enseignants et du secrétariat, et d'expérimenter les connexions par câble Ethernet. Caria Lucas et Martin seront les protagonistes de la première connexion française aux réseaux internationaux de machines Unix sur protocole UUCP (Unix-to-Unix Copy), permettant d'échanger des messages électroniques et de participer à des groupes de discussions spécialisés en ingénierie informatique, et dont l'histoire est étroitement connectée à celle d'Internet (Kelty, 2008, Paloque-Berges, 2017). Ils réussiront à faire du laboratoire de calcul la colonne vertébrale française du réseau UUCP entre machines Unix, récupérant les données depuis le nœud central européen à Amsterdam pour les redistribuer aux organismes de recherche français membres du réseau jusqu'à passer le relais en 1986 à l'INRIA (ex-IRIA depuis 1979) – qui opèrera la transition vers le réseau TCP-IP en 1988, première liaison française à Internet (Paloque-Berges, 2017).

Des ingénieurs en formation

L'émergence de l'informatique comme objet de recherche au Cnam, son éclosion et son développement vers les thématiques des systèmes, puis des réseaux, est le fruit de négociations avec des cadres administratifs et pédagogiques qui se sont cristallisés dans la (courte) histoire de l'informatique au Cnam. Cette émergence ne se fait pas hors-sol : elle s'appuie sur l'institution, elle bénéficie et elle contourne en même temps ce qui est perçu parfois comme une opportunité, parfois comme des rigidités de l'institution. Le département Mathématiques-Informatique constitue un cadre ; le Laboratoire de calcul est le lieu matériel et scientifique où tout prend forme en termes de recherche. Ces espaces donnent une assise à ces développements, et une légitimité progressive, dont on a vu qu'elle était problématique au Cnam comme dans le contexte plus général de la discipline à cette époque. Parmi les facteurs qui confèrent une légitimité en interne et participent au développement de l'activité, se trouve la question de la formation des ingénieurs en informatique, dont on trouve trace tout au long du développement de l'informatique. Dans un établissement comme le Cnam, qui a bâti sa réputation en partie sur la formation des cadres et ingénieurs du monde industriel, cette question est structurante.

Construire l'unité d'enseignement « valeur C » sur la thématique des systèmes était donc stratégique, au regard



© Loïc Petitgirard

Figure 2 : Nombre de mémoires d'ingénieur en informatique

du département et de l'institution. L'enseignement « Systèmes » est consacré aux développements nouveaux dans le domaine, et constitue le cœur de cette valeur qui prépare les élèves du Cnam à leur mémoire d'ingénieur. Elle est devenue une motivation supplémentaire pour les protagonistes de notre histoire impliqués dans l'enseignement et attentifs à sa qualité. L'accompagnement des ingénieurs en formation, en revanche, est une activité moins visible du point de vue du monde académique.

Nous avons cité bon nombre de ces ingénieurs, et de leurs travaux et mémoires : seuls les plus impliqués ont été mentionnés, car ils ont agi comme assistants de recherche, et certains sont devenus des acteurs majeurs de la mise en place du laboratoire Cédric. Nous souhaitons, pour terminer, renverser la perspective, en faisant de ces mémoires d'ingénieur Cnam un point d'observation, un indicateur des évolutions des questions liées à l'informatique au Cnam. Nous avons tâché de distinguer les deux types d'ingénieurs en formation, ceux de l'IIE et ceux en formation continue au Cnam : le corpus de mémoire d'ingénieur construit aujourd'hui ne rassemble que les mémoires Cnam[51]. Mobiliser notre corpus permet de compléter l'image

51 Les mémoires IIE, sauf ponctuellement dans leurs liens aux activités de l'Équipe Systèmes telles que décrites dans la partie précédente, n'ont pas été pris en compte dans l'analyse suivante pour des raisons de manque d'informations et de ressources : les mémoires IIE ne sont pas catalogués, ni référencés de manière centrale par la bibliothèque du Cnam. Par ailleurs, l'IIE qui est implanté au Cnam à ses débuts, déménage à Évry en 1984, et prend la voie d'une autonomisation par rapport au Cnam : en 2006 l'IIE est devenu l'ENSIIE (École nationale supérieure d'informatique pour l'industrie et l'entreprise), établissement public administratif autonome.

donnée précédemment par un point de vue plus global sur l'institution, pointant les grandes évolutions thématiques, leur renouvellement et d'autre part les relations avec l'extérieur autour de ces projets d'ingénieurs, les collaborations mises en place autour de ces projets.

À l'échelle de l'établissement, on peut traiter en termes quantitatifs le corpus des mémoires d'élèves ingénieurs Cnam en informatique[52]. Le décollage en 1974-1975 est évident, avec un pic en 1977-1978 (40 ingénieurs / an), avant une stabilisation des travaux de cette nature au long des années 1980 (figure 2).

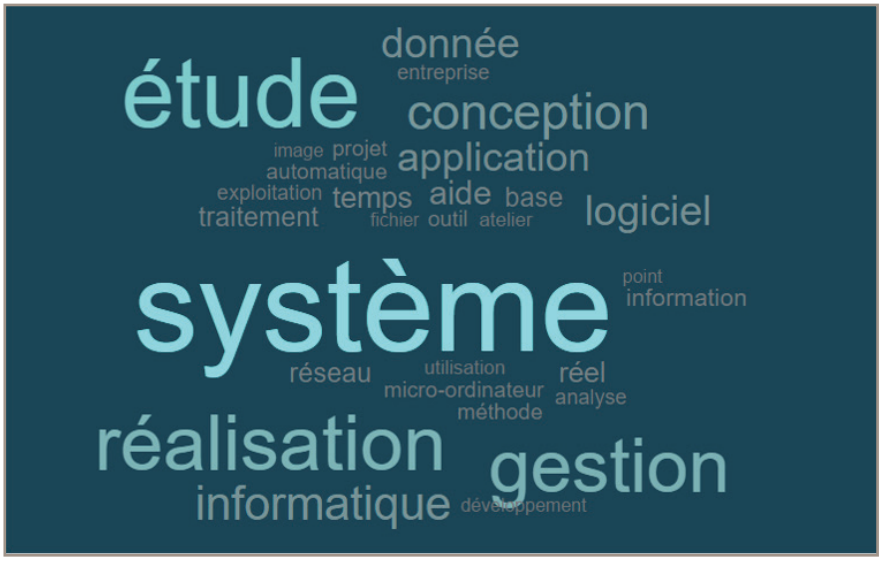
Ces chiffres masquent une grande diversité, pour ne pas dire disparité, des travaux. Ceci est lié en bonne partie aux modalités de suivi d'un cursus d'ingénieur au Cnam d'une part, et à la diversité des parcours des élèves avant leur entrée au Cnam, d'autre part. En effet, il faut distinguer trois types de relation à la formation, de la plus distante à la plus inclusive. La première concerne les élèves qui suivent les enseignements, mais réalisent leurs travaux dans l'entreprise dont ils sont salariés : leur mémoire de diplôme relève des problématiques techniques de ladite entreprise, le Cnam ne vient donner qu'une caution et certification à la formation du candidat. D'autres élèves n'ont pas l'opportunité de réaliser leurs travaux dans leur entreprise : ils peuvent s'appuyer sur le Cnam, et notamment le Laboratoire de calcul (puis les structures institutionnalisées) pour leur stage et travaux. Enfin, quelques plus rares élèves suivent le cursus en intégrant très fortement la dynamique scientifique de recherche en informatique au Cnam, au point d'en devenir des protagonistes (à l'image de Stéphane Natkin). La formation possède donc une géométrie très variable, ce qui a été un facteur de son succès, par ailleurs.

En suivant les élèves de la première catégorie, on peut donner un aperçu de la très grande surface occupée par l'ensemble des ingénieurs Cnam en informatique dans le tissu industriel. Ils se retrouvent aussi bien dans le secteur public que privé, dans des structures de toutes tailles : industrie automobile (Renault, Peugeot, en premier lieu), aéronautique, chimique, des télécommunications ; les grandes entreprises publiques comme EDF, SNCF, RATP ; des PME, des collectivités territoriales (notamment la Ville de Paris), les hôpitaux, l'armée ; les laboratoires de recherche (en instrumentation, tout particulièrement) et universités ; les banques et le secteur financier.

Le corpus bibliographique permet un traitement thématique et statistique approfondi, pour indiquer la nature des projets d'ingénieur en formation. Un premier travail par mot-clé dans le corpus en termes statistiques assez bruts[53], indique une tendance

52 Réalisés à Paris et non dans un des centres régionaux de l'établissement, pour rester dans une forme de proximité au laboratoire d'informatique.

53 Les nuages de mots ont été générés avec le logiciel « WordItOut » (en ligne : https://worditout.com/). La figure indique les termes signifiants les plus fréquents dans les titres et mots-clés des mémoires tirés du corpus (et limité aux 30 notions les plus fréquentes). Il est sous-entendu que cet ensemble des titres et mots-clés (utilisés



© Loïc Petitgirard

Figure 3 : Nuage des 30 mots-clés les plus fréquents dans le corpus

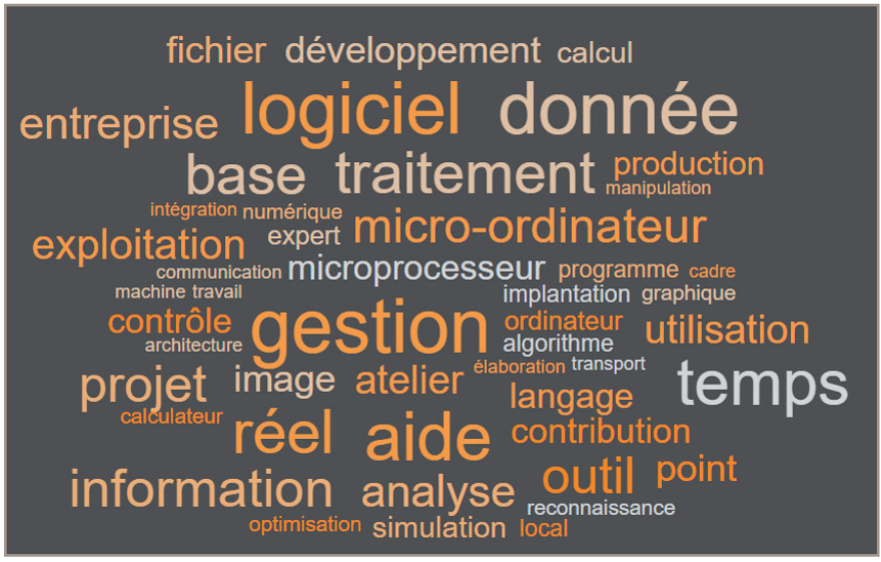
claire : la question des systèmes est largement prédominante dans les thématiques des mémoires (toujours sur la période 1968-1990). Les autres termes les plus fréquents font surtout écho au caractère applicatif des travaux d'ingénieur (figure 3).

Les quelques notions mises en avant ont tendance à occulter l'arrière-plan thématique : pour la seconde représentation en nuage, nous avons volontairement supprimé ces termes, pour révéler la diversité thématique qu'elle cache[54] (figure 4).

Ainsi, les termes suivants ressortent des grandes thématiques abordées dans la formation des ingénieurs : « gestion », « logiciel », « base de données », « réseau », « temps réel », ce qui est tout à fait congruent aux analyses qualitatives produites précédemment. L'exploration du corpus permet de confirmer certaines trajectoires thématiques, mais aussi de souligner des émergences thématiques (en rentrant dans un traitement par année, en découpant par périodes) et de pointer de nouvelles trajectoires à explorer. Prenons les deux exemples des notions de réseau et de système.

pour le référencement des mémoires dans la bibliothèque Cnam) constitue un fichier qui a été nettoyé et préparé pour cette opération : doublons, uniformisation des termes (français / anglais, singulier / pluriel, etc.). La taille du mot sur la figure est pondérée par la fréquence de l'occurrence : à titre indicatif « système » est utilisé plus de 190 fois, « étude » 137 fois, « gestion » 108 fois.

54 Ont été retirés : « système », « étude », « réalisation ». Cette fois-ci la figure compte les 40 termes les plus usités, avec moins de disparité entre les fréquences de ces termes.



© Loïc Petitgirard

Figure 4 : Nuage des 40 mots-clés les plus fréquents avec filtrage

Le thème du réseau

Le terme recouvre en fait plusieurs notions dès lors qu'on entre dans le détail des mémoires d'ingénieur, quatre principalement : « réseau Transpac », « réseau local » (ou Ethernet), « réseau de Petri », et « réseau ferré ». Les trois premiers renvoient directement aux expériences explicitées plus haut : liées aux connections au réseau de téléinformatique (Transpac), aux tests de réseau Ethernet au sein du Cnam, et au thème de la sûreté de fonctionnement de systèmes informatiques. La quatrième occurrence fait référence à la gestion informatique de réseau ferroviaire (SNCF et RATP). En entrant encore dans le détail il est possible de suivre une trajectoire d'ingénieur comme celle de Claude Jolliet : il est en formation d'ingénieur au Cnam sur la période 1979-1984, en étant par ailleurs analyste-programmeur chez EDF. Il finalise sa formation par un mémoire intitulé « Interconnexion de systèmes UNIX par un réseau local », reflétant les problématiques en éclosion dans le Laboratoire de calcul (et apporte ce type de compétence en tant qu'ingénieur chez EDF par la suite).

Le « système », pour finir

Le terme « système » recouvre lui aussi de multiples notions : « système de gestion » (de base de données), « système d'information » et « système documentaire », « système expert », « système d'acquisition et traitement du signal » et « système informatique » (au sens de l'architecture système), « système d'exploitation ». Ces deux dernières thématiques correspondent aux travaux de l'Équipe

Systèmes. Pour les autres elles renvoient aux diverses trajectoires de l'informatique au Cnam : informatique de gestion, informatique pour la documentation[55], instrumentation (Neumann & *al.*, 2016), etc.

Pour préciser l'analyse, il faut caractériser les orientations thématiques sur des périodes plus restreintes, autour de la notion de système. Ainsi les années 1970 et 1980 sont dominées, en termes quantitatifs, par l'informatique de gestion, avec de nombreux mémoires d'ingénieur dans le registre des systèmes de gestion et bases de données. Les systèmes documentaires ont une place significative dans les années 1970, avec un tarissement sur les années 1980. Le sujet des systèmes d'exploitation décolle en 1974 seulement (un seul mémoire), puis devient un sujet très significatif à partir de 1984 (cinq mémoires par an) : plus précisément encore, cinq mémoires traitent d'UNIX entre 1984 et 1986. Les systèmes experts n'apparaissent qu'en 1985-1987.

L'exploration du corpus, enfin, peut révéler des trajectoires complexes croisant plusieurs générations d'ingénieurs Cnam, sur la thématique des systèmes informatiques : ainsi le système Modula et le langage Modulog attirent l'attention sur la période 1984-1991 (douze mémoires). Cela s'inscrit dans la lignée de travaux initiés en 1976 avec le contrat SESORI, sur les réseaux de microprocesseurs : Évelyne Germain[56] fera le premier mémoire d'ingénieur en 1984 sur le langage Modula. Ces travaux seront relayés en particulier par trois autres ingénieurs Cnam : Louis Dewez (ingénieur 1973), Jean-Michel Douin (ingénieur 1985) et Philippe Lucas (ingénieur 1988), qui présentent une synthèse de leurs travaux au STACS (*Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science*) de 1988 (Dewez, Douin & Lucas, 1988). Dewez avait par ailleurs suivi la formation d'ingénieur avant l'arrivée de Kaiser, et sous l'autorité de Namian[57] : en 1991 il soutiendra sa thèse en informatique à l'université Paris 6, toujours sur ces mêmes sujets (Dewez, 1991).

Conclusion

Dans le projet fondateur du Cédric en 1988, on retrouve les recherches sur les systèmes, le temps réel, le parallélisme, les réseaux. C'est au cœur du Laboratoire de calcul, au sein d'une Équipe Systèmes dont les contours évoluent, que le noyau dur du laboratoire se concentre. C'est aussi d'où émergent des recherches pratiques et théoriques, à la fois issues des thématiques initiales, et aussi spé-

55 Cette thématique est liée aux travaux d'un institut du Cnam en pointe sur ces questions, l'INTD (Institut national des techniques documentaires), créé en 1950.

56 Technicienne au Laboratoire de calcul à ce moment-là et impliquée dans le contrat, elle évoluera sur un poste d'ingénieure au Laboratoire avant de partir dans le privé à la fin des années 1980.

57 Namian étant titulaire de la chaire de Machines mathématiques, Dewez a produit un mémoire d'ingénieur en mathématiques appliquées : « Analyse numérique des équations différentielles « non résolues » du premier ordre » (1973).

cialisées dans de nouveaux thèmes de recherche, du plus pratique (réseaux UUCP) au plus théorique (réseaux de Petri Stochastiques – qui sera l'une des thématiques fortes à l'aube de la fondation du Cédric ; Florin & Natkin, 1985 ; Barkaoui & *al.*, 1988). Cette double dimension assure donc la reconnaissance institutionnelle de l'équipe qui prend la forme d'un laboratoire de recherche. S'y seront adjointes les recherches en programmation théorique (séquentielle, sémantique, classique) reprises avec l'arrivée de Véronique Donzeau-Gouge au début des années 1980 ; ainsi que les études en recherche opérationnelle, très publiantes comme le montre la bibliographie de Bernard Lemaire, d'Alain Billionnet et Marie-Christine Costa ; et enfin celles en informatique de gestion, acteurs importants de l'informatique au Cnam au cours des années 1980 à travers les activités et le rayonnement de l'IIE.

Nous avons souligné l'importance de la construction d'un collectif dans cette histoire, un collectif qui ne se limite pas à un simple regroupement opportun de chercheurs et d'ingénieurs. Dans la période pionnière la dimension collective se construit à de multiples niveaux. Dans les travaux scientifiques de recherche, elle est évidente : la plupart des articles sont co-écrits, les logiciels et les machines sont partagés, et les membres de l'Équipe Systèmes adhèrent et partagent une même épistémologie expérimentaliste. Nous avons voulu également faire ressortir la dimension collective dans le choix des ordinateurs, essentiels pour le type de recherches produites au Cnam. Elle donne l'idée de la construction d'une expertise partagée, ramenant dans le collectif des leçons prises dans des séminaires extérieurs ou des associations et faisant circuler ces connaissances en interne.

Enfin, nous avons montré dans quelle mesure cette construction d'une dynamique de recherche est le prolongement d'un héritage au contact du monde industriel, en insistant sur deux points : la permanence d'une perspective « appliquée », finalisée, dans des recherches qui sont d'un niveau académique ; la question de la formation, mission essentielle du Cnam. Nous avons mis en exergue la question de la formation des ingénieurs car elle a un rôle prégnant ici, mais il faut aussi mentionner que la structuration de l'informatique au Cnam associe bien recherche et formation à tous les niveaux. À partir de 1990 le Cnam possède un laboratoire et une filière complète de formation à l'informatique, incluant une formation doctorale. La dynamique de recherche en informatique en bénéficie et l'amplifie, maintenant la formation des ingénieurs à l'interface entre milieu académique de recherche et monde économique : il est d'ailleurs significatif que les ingénieurs formés au Cnam en ce début de XXI[e] siècle soient très majoritairement des ingénieurs en informatique[58].

58 Revoir le premier graphique de l'article montrant les statistiques des mémoires d'ingénieurs Cnam, sur la longue durée.

Références bibliographiques

Corpus des publications des chercheurs en informatique du Cnam

Baconnet J.-P., Beyaert B., Bourlas P., Florin G., Girard B., Kaiser C., Lemaire B. & Natkin S. (1981). « Modèles de sûreté de fonctionnement basés sur les réseaux de Petri stochastiques et leur traitement numérique. » *Actes des journées SURF-ADI.*

Barkaoui K., Florin G., Fraize C., Lemaire B., Natkin S. (1988). « Reliability Analysis of Non Repairable Systems Using Stochastic Petri Nets », *18th Conference on Fault Tolerant in Computer Science* FTCS'88, X, France, pp. 9095. En ligne [URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01125444].

CROCUS (J. Bellino, C. Bétourné, J. Briat, B. Canet, E. Cleemann, J.-C. Derniame, J. Ferrié, C. Kaiser, S. Krakowiak, J. Mossière & J.-P. Verjus) (n. d.). *CROCUS : une étape dans l'enseignement des systèmes d'exploitation*. En ligne [URL : http://cedric.cnam.fr/~claude/hist-crocus.pdf].

Bétourné C., Boulenger J., Ferrié J., Kaiser C., Krakowiak S., & Mossière J. (1970). « Process management and resource sharing in the multiaccess system in ESOPE ». *Communications of the ACM*, vol. 13/12, pp. 727–733.

Bétourné C., Ferrié J., Kaiser C., Krakowiak S. & Mossière J. (1971). « System Design and Implementation Using Parallel Processes ». *In* Freeman W. H. (ed.), *Information Processing, Proceedings of IFIP Congress* 71, TA-3, pp. 31-36.

Bétourné C., Ferrié J., Kaiser C., Krakowiak S. et Mossière J. (2004). « ESOPE : une étape de la recherche française en systèmes d'exploitation (1968-72) ». *7e colloque sur l'Histoire de l'Informatique et des Télécommunications*. Cesson-Rennes. Rennes : Irisa/Inria-Rennes, pp. 173-198. En ligne [URL : http://cedric.cnam.fr/~claude/esope.html].

CORNAFION (André F., Banino J.-S., Bétourné C., Ferrié J., Herman D., Kaiser C., Krakowiak S., Mazaré G., Mossière J., Rousset de Pina X, Seguin J. & Verjus J.-P.) (1981). *Les systèmes informatiques répartis : concepts et techniques.* Paris : Dunod.

Dewez L. (1991). « Modulog et la station modula : modularité, programmation en logique et spécifications exécutables. Application à un atelier de conception de logiciels modula 2 ». Thèse de l'Université de Paris 6.

Dewez L., Douin J.-M. & Lucas P. (1988). « Modulog and the Modula Workstation ». *In* STACS 88 (Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science), *Lecture notes in Computer science*, vol. 294. Berlin : Springer, pp. 397-398.

Ferrié J., Kaiser C., Lanciaux D. & Martin B. (1974). « An extensible structure for protected systems' design ». *IRIA Internat. Workshop on Protection in Operating Systems,* Rocquencourt, France, p. 49.

Ferrié J., Kaiser C., Lanciaux D. & Martin B. (1976). « An extensible structure for protected systems' design ». *The Computer Journal,* vol. 19/4, pp. 315-321.

Florin, G. (1975). « Conception et réalisation d'un coupleur programmé pour une liaison entre deux ordinateurs ». Thèse de doctorat 3e cycle de l'Université Paris 6.

Florin G. (1985). Thèse d'État de l'Université Paris VI.

Florin G. & Natkin S. (1985). « Les réseaux de Petri stochastiques », *TSI (Technique et Science Informatiques),* vol. 4, n° 1, pp. 143-160.

Gaudé C., Kaiser C., Lauget J., & Palassin S. (1980a). « Distributed processing as a key to reliable and evolving software for real time applications », *Proc. Of the IFIP Congress, Tokyo and Melbourne*, North Holland.

Gaudé C., Girard B., Kaiser D., Langet J. & Palassin S. (1980b) « Design and Appraisal of Operating Systems Matched in Selective Active Redundancy ». *IEEE Computer Society* (FTCS-10, Kyoto).

Kaiser C. (1971). « Exemple d'une structure adaptée au partage de temps ». Sainte Maxime : Direction des Recherches et Moyens d'Essais.

Kaiser C. (1973). « Conception et réalisation de systèmes à accès multiple : gestion du parallélisme ». Thèse de doctorat d'État *ès* sciences mathématiques, Université Pierre et Marie Curie, 1973.

Kaiser C. (1974a). « Operating systems 1974 ». *Lecture notes in computer science,* vol. 16 (Colloque international sur les aspects théoriques et pratiques des systèmes d'exploitation des ordinateurs, IRIA Rocquencourt), Heidelberg : Erol Gelenbe/Springer-Verlag.

Kaiser C. (1974b). *Structure et programmation des calculateurs* (Actes du séminaire organisé par l'IRIA Rocquencourt, Novembre 1973-Juin 1974). Le Chesnay : IRIA.

Kaiser C. (1978). *Quelques aspects des systèmes informatiques* Monographie d'informatique de l'AFCET.

Kaiser C. (2011). *Le centre de calcul Coelacanthe 1963-1970.* In Libro Veritas. En ligne [URL : http://www.inlibroveritas.net/oeuvres/29070/centre-de-calcul-coelacanthe-1963-1970].

Kaiser C., Derville D., Peirotes Y. & Tellier P. (1967). « Le système HALIOTIS ». *RIRO (Revue de l'AFCET)*, n° 6 pp. 3-25.

Kaiser C., & Krakowiak S. (1974). *Design Implementation of a Time-sharing System: A Critical Appraisal*. IRIA laboria Institut de Recherche, d'Informatique et d'Automatique.

Kaiser C. & Guesnon C. (1978). « Instrumentation and Measurement of a Dynamic Memory Allocator for a Real-Time System : ALADYN's Chronicle ». *MECO-78*, Athens.

Kaiser C., Langet J. & Poitvin J.-F. (société CERCI) (1978a). « Design of a continuously available distributed realtime system. ». *IEEE Computer Society* (FTCS-8, Toulouse), pp. 195-196.

Kaiser C., Langet J., Palassin S. & Poitvin J.-F. (société CERCI) (1978a). « Architecture d'un système multi-processeur à forte disponibilité utilisé dans la conduite d'un atelier de mécanique ». *Journées AFCET multiprocesseurs et multiordinateurs en temps réel.*

Kaiser C., Kronental M., Langet J., Natkin S. & Palassin S. (1978b). « Un système informatique réparti utilisé pour la conduite d'un atelier mécanique ». *Actes du Congrès AFCET,* Paris.

Kaiser C., Hanout J.-C., Caria Lucas H. & Martin B. (1983). « Expérience d'écriture et de transport de systèmes informatiques en Pascal ». *TSI (Technique et Science Informatiques),* vol. 2 n° 6, pp. 401-417.

Lanciaux D. & Kaiser C. (1976). « Un modèle pour le traitement des erreurs dans un système à domaines ». Rapport de recherche. Le Chesnay : IRIA, p. 17.

Lebeurier J.-F. & Mangeol, P. (1979). « Traitement numérique des processus stochastiques ». Thèse de docteur-ingénieur, Institut d'Informatique d'Entreprise (IIE).

Lemaire B. (1989). « Contribution à l'étude des systèmes avec attente : les méthodes de conservation : application à des problèmes de recherche opérationnelle et d'informatique ». Thèse en informatique de l'Université Paris 6.

Lonc P., Florin G. & Natkin S. (1979). « An evaluation CAD tool based on stochastic Petri nets ». *IFIP Working Conf. Rel. Comput. and Fault Tolerance in the 1980's,* Londres.

Martin B. (1979). *Protection dans les systèmes d'exploitation*. Monographie d'informatique de l'ACFET (Sûreté de fonctionnement des systèmes).

Natkin S. (1980). « Les Réseaux de pétri stochastiques et leur application de l'évaluation des systèmes informatiques ». Thèse de Docteur ingénieur du Cnam.

Natkin S. (1985). « Les Réseaux de pétri stochastiques : théorie et applications ». Thèse d'État soutenue à Paris VI, 1985.

Rozier S., Abrossimov V., Armand F., Boule I., Gien M., Guillemont M., Herrmann F., Kaiser C., Léonard P., Langlois S., Neuhauser W. (1988). « The Chorus Distributed Operating System ». *Computing Systems,* 1(4), pp. 305-379.

Bibliographie générale

Beltran A. & Griset P. (2007). *Histoire d'un pionnier de l'informatique : 40 ans de recherche à l'Inria*. Paris : EDP Sciences.

Grossetti M. (1995). *Science, industrie et territoire*. Toulouse : Presses universitaires du Mirail.

Hayat S. & Petitgirard L. (2014). « Télé-Cnam : enjeux politiques et dispositifs techniques d'une innovation pédagogique ». *Cahiers d'histoire du Cnam,* vol. 1, n° 1, pp. 127-140.

Hoffsaes C. (1988). « Histoire de l'A.F.C.E.T. et des sociétés l'ayant constituée. ». *Colloque sur l'histoire de l'informatique,* pp. 269-92.

Kelty C. (2008). *Two Bits: The Cultural Significance of Free Software*. Durham : Duke University Press Books.

Mounier-Kuhn P. (2006). « Du radar naval à l'informatique : François-Henri Raymond (1914--2000) », *In* Corcy M.-S., Douyère-Demeulenaere C. & Hilaire-Pérez L. (dir.), *Archives de l'invention : écrits, objets et images de l'activité inventive,* Toulouse : Presses Universitaires de Toulouse-Le Mirail, pp. 269-290.

Mounier-Kuhn P. (2010). *L'informatique en France*. Paris : Presses de l'Université Paris-Sorbonne, 2010.

Neumann C., Paloque-Berges C. & Petitgirard L. (2016). « "J'ai eu une carrière à l'envers" : entretien avec Claude Kaiser, titulaire de la chaire d'Informatique-Programmation du Conservatoire National des Arts et Métiers ». *TSI (Technique et Science Informatiques)* n° 35 (4-5), pp. 557-570.

Neumann C., Petitgirard L. & Paloque-Berges C. (2016). « Le Cnam, un lieu d'accueil, de débat et d'institutionnalisation pour les sciences et techniques de l'informatique ». *TSI*

(Technique et Science Informatiques) n° 35, vol. 4-5, pp. 584-600.

Paloque-Berges C. (2017). « Mapping a French Internet Experience: A Decade of Unix Networks Cooperation (1983-1993) ». *In* Goggin G. & McLelland M., *Routledge Companion to Global Internet Histories.* New-York : Routledge, pp. 153-170.

Petitgirard L. (2015). « Le Cnam et la restructuration de la métrologie française dans les années 1960 ». *Cahiers d'histoire du Cnam,* vol. 3, 2015, pp. 39-74.

Ramunni G. (1995). *Les sciences pour l'ingénieur : histoire du rendez-vous des sciences et de la société.* Paris : CNRS.

Triclot M. (2013). « Les colloques scientifiques à Cerisy : un laboratoire pour de nouveaux paradigmes (1970-1984) ». *Histoire@Politique,* n° 20, mai-août. En ligne [URL : https://www.histoire-politique.fr/index.php?numero=20&rub=dossier&item=189].

Encadré

Le mini-ordinateur Systime 8750

Isabelle Astic
Cnam/Musée des arts et métiers.

Cet encadré présente le mini-ordinateur Systime 8750 (Inv. 40902-), support de recherches sur le système d'exploitation Unix au sein du laboratoire d'informatique du Cnam au début des années 1980.

Le mini-ordinateur Systime 8750 est entré dans les collections du Musée des arts et métiers en 1992, suite à un don du Laboratoire informatique du Cnam, alors centre de calcul du Conservatoire.

Il fut conçu et livré par un assembleur, la société Systime fin décembre 1981, à partir de cinq cartes électroniques formant l'unité centrale d'un VAX 11/750 et de deux cartes mémoire offrant un total de 512 Koctets [1]. Il évolua dès l'année suivante, avec l'achat d'un dérouleur de bandes magnétiques [2], d'un disque dur [1], et de nouvelles cartes pour atteindre 1,5 Moctets [3] de mémoire en 1982 puis 7 Moctets [1] en 1986. C'est cette dernière configuration qui nous est parvenue. Différentes cartes achetées entre-temps et permettant de gérer des périphériques, notamment d'accès à des réseaux ou à d'autres systèmes informatiques [1] ont disparu.



© Musée des arts et métiers/ Photo Hélène Mauri

Figure 1 : Mini-ordinateur Systime 8750 (Inv. 40902-).

Au-delà de cette description matérielle, cette machine révèle trois histoires : tout d'abord, celle d'un tournant de l'informatique, lorsque disparaissent les cartes perforées et que les ordinateurs n'occupent plus une salle dédiée, puis celle d'un moment des relations Est-Ouest du temps de la guerre froide, enfin, comme de nombreux objets de la collection du musée des arts et métiers, celle des travaux, à la pointe de la recherche, des équipes du Cnam.

L'apparition d'une nouvelle génération d'ordinateur

Les mini-ordinateurs se démarquent des ordinateurs précédents (les mainframe) par leur taille, leur coût mais surtout, leur interactivité (Cerruzi, 2000). Jusqu'à la fin des années 1960, les systèmes informatiques étaient constitués de plusieurs baies, ou armoires, nécessitant une salle complète et climatisée. Les logiciels étaient fournis sous la forme de jeux de cartes perforées et exécutés séquentiellement par la machine. Ces opérations par lots (ou batch) impliquaient de longs temps d'attente entre le dépôt des cartes perforées et le résultat de leur traitement.

L'emploi des transistors et des circuits intégrés réduisit la taille des équipements informatiques, d'où leur nom : mini-ordinateurs. Il diminua leur prix d'achat et de fonctionnement pour une capacité de traitement et une fiabilité meilleures. Les ordinateurs devinrent abordables pour de petites structures : moyennes entreprises, départements de grande société ou laboratoires de recherche. Il devint également envisageable d'acquérir et traiter des données en temps réel, de donner l'illusion d'un traitement de plusieurs programmes, en les faisant s'exécuter alternativement, par petits morceaux, au sein de l'unité de calcul. Ces changements modifièrent irrémédiablement le rapport de l'homme à la machine : une interface directe et plus conviviale permettait désormais à plusieurs utilisateurs d'interagir directement et simultanément avec le système.

Mais, d'après Gordon Bell, ancien vice-président de DEC, c'est l'ouverture des systèmes et leur transparence technique qui vont réellement créer un nouveau marché (Bell, 2014). Confrontés à la puissance d'entreprises comme IBM, les constructeurs des mini-ordinateurs n'avaient pas d'autre possibilité que de diffuser toutes les caractéristiques techniques des mini-ordinateurs et de s'appuyer sur l'apparition de langages de haut niveau, pour laisser à d'autres le soin de concevoir des applications et des périphériques pour leurs clients. La grande modularité de leur architecture interne favorisa également l'apparition d'assembleurs. Ces entreprises concevaient des machines intégrant des cartes électroniques répondant aux besoins spécifiques de leurs clients, qu'ils interfaçaient avec celles constituant l'unité centrale de mini-ordinateurs propriétaires, tels les VAX de DEC.

Les difficultés d'un achat technique sensible

Ainsi, la société Systime remporta le marché du Cnam car DEC ne proposait son VAX 11/750 qu'en « configuration complète avec disques et logiciels » et pour un prix 1,5 fois supérieur au Systime 8750 [4], de configuration plus restreinte. Or, acquérir une configuration complète en plusieurs commandes avait un double intérêt pour le Laboratoire informatique.

Le premier était son mode de financement. Les archives montrent un montage financier complexe, sur fonds propres, pour l'achat de la configuration initiale. Il intégrait des paiements de temps de calcul d'autres laboratoires du Cnam, des renouvellements retardés de matériel, des subventions de projets de recherche ou industriels du laboratoire informatique (60 % du montant) [4]. Répartir les commandes sur plusieurs années rendait l'acquisition du système complet plus aisé.

Mais en cette fin d'année 1981, il y avait aussi, et surtout, nécessité de convaincre le COCOM (Coordinating Committee for Multilateral Export Controls). Cette institution informelle, créée au lendemain de la seconde guerre par les États-Unis et ses alliés de l'OTAN, gérait l'embargo envers le bloc communiste des matériels stratégiques et des technologies sensibles (U.S.C.O of T, 1979), dont l'informatique. L'affaire Farewell, engagée en mai 1981, dévoilait un espionnage industriel de grande ampleur au profit de l'Union Soviétique. Elle provoqua le renforcement de l'embargo par le gouvernement de Reagan, en 1982. Cependant, Pierre Mauroy, premier ministre d'un gouvernement comportant des ministres communistes, et soucieux de rassurer les États-Unis, anticipa celui-ci dès octobre 1981 (Ferrant, 2015). Passer par un assembleur pour obtenir un matériel équivalent à celui convoité et limiter les achats à de petites configurations permit d'éviter le blocus [5].

Le Systime 8750 et la recherche sur les réseaux de systèmes Unix

Cette machine était nécessaire au laboratoire. Elle devait remplacer un ordinateur jugé insuffisant depuis un an, compte tenu de l'augmentation du nombre d'utilisateurs [6], mais également permettre les projets de recherche en cours et à venir autour du système d'exploitation Unix, et la préparation de travaux pratiques sur ce système [7].

En 1979, Unix avait été l'objet d'études par le laboratoire d'informatique du Cnam dans le cadre du projet SOL de l'Inria, financé par l'ADI (Agence De l'Informatique) [7]. Ces recherches étaient prolongées à compter de septembre 1981, par des études sur la mise en réseau de diverses machines sous Unix et la « poursuite de déve-

loppements logiciels » [8]. Le laboratoire s'est pleinement investi dans ces travaux. Il eut un rôle moteur et majeur dans la création, en 1983, du réseau « Fnet », le premier « réseau expérimental de systèmes Unix » en France [9]. Le Systime 8750 fut connecté par une unité d'appel téléphonique et par le réseau commuté à une machine Unix à Amsterdam, elle-même reliée aux États-Unis [10]. Le protocole utilisé était l'UUCP (Unix to Unix Copy Protocol). Il permit pour la première fois aux institutions et entreprises abonnées françaises de participer à la communauté internationale de recherche Unix grâce aux réseaux d'échange de données européen EUnet et le service d'échange de messages Usenet, anticipant ce que seraient les échanges via Internet. Le Systime 8750 assuma son rôle de nœud du réseau Fnet jusqu'en 1986. À cette date, le Cnam dut passer le relais à l'Inria, pour des raisons financières (Paloque-Berges, 2017).

Le mini-ordinateur Systime 8750 est représentatif de sa génération par son architecture, son interactivité et sa mise en œuvre par un assembleur. Témoin d'un épisode de la guerre froide, il fut également l'acteur principal des recherches sur les réseaux Unix en France et des travaux d'enseignement au Cnam. Ce sont ces différents éléments qui ont pleinement justifié sa place au sein des collections du Musée des arts et métiers.

Sources

[1] Boîte d'archives « Labo Informatique N° 4 : matériel informatique 1972-1992 », archives du Cnam.

[2] Fiche d'inventaire 4972.165 5.04.01 en date du 13 mai 1982.

[3] Boîte d'archives « Labo informatique n° 2 1982-1988 », archives du Cnam.

[4] Note de G. Florin, du 18 septembre 1981, à l'attention M. Mazières, directeur adjoint du Cnam. Boîte d'archives « Projet achat SYSTIME 1981 », archives du Cnam.

[5] Mail de Gérard Florin, en date du 29 juin 2016.

[6] Boîte d'archives « Projet achat SYSTIME 1981 », archives du Cnam.

[7] Boîte d'archives « Labo Informatique N° 1 Chrono 1979-1982 », archives du Cnam.

[8] Projets pilotes SOL et KAYAK de l'ADI. Ibid.

[9] Boîte d'archives « Labo Informatique N° 3 Personnels du labo 1972-1986 et rapports 1981-1982 », archives du Cnam.

[10] Compte rendu de la réunion du 19 décembre 1983, Groupe de travail réseaux de l'Association Française des utilisateurs d'Unix, 13 janvier 1984, Boîte d'archives « Labo Informatique N° 3 Personnes du labo 1972-1986 et rapports 1981-1982 », archives du Cnam.

Bibliographie

Bell G. (2014) « STARS: Rise and Fall of Minicomputers [Scanning Our Past] », *Proceedings of the IEEE,* vol. 102, n° 4, pp. 629-638.

Ceruzzi P. E. (2000). *A history of modern computing.* Cambridge (Mass.) : MIT Press.

Ferrant P. (2015). *Farewell : Conséquences géopolitiques d'une grande opération d'espionnage.* Paris : CNRS Éditions.

Paloque-Berges, C. (2017). « Mapping a French Internet experience: a decade of Unix networks cooperation (1983-1993) ». *In* G. Goggin and M. McLelland (dir.), *Routledge Companion to Global Internet Histories,* New York : Routledge, pp. 153-170.

U.S. Congress, Office of Technology. (1979) « Computer-based national information systems : technology and public policy issues », Assessment. Library of Congress 79-600203.

Un professeur sans recherches : la trajectoire professionnelle de Paul Namian au Cnam

Cédric Neumann
HT2S, Cnam.

Résumé

Recruté en 1962 pour assurer le cours de Machines mathématiques, Paul Namian est initialement une figure centrale de la construction de la filière d'enseignement de l'informatique du Cnam avant d'être marginalisé à partir des années 1970. Ce processus de marginalisation renvoie à l'obsolescence progressive des qualifications de Namian ainsi qu'à son échec à rompre avec l'étiquette d'informaticien de gestion. Dans ces conditions, bien que Namian fut l'initiateur de recherches sur les systèmes de gestion dans les années 1960, il ne joue aucun rôle dans le démarrage des recherches sur les systèmes au Cnam ni dans la constitution des différents cours portant sur ceux-ci dans les années 1970 et 1980.

Mots clés : informatique de gestion, enseignement, recherche, chaires, management.

Parmi les institutions de l'enseignement supérieur, le Cnam fait partie des établissements qui ont développé précocement des activités de formation sur les ordinateurs. Dès 1956, le Cnam délivre un brevet de programmeur qui est remplacé en 1962-1963 par un cours de Machines mathématiques et un diplôme d'études supérieures techniques (DEST) de calcul automatique. Paul Namian fut le premier professeur d'informatique de chaire du Cnam, sur le sujet des Machines mathématiques, et le seul jusqu'à l'élection de François-Henri Raymond. L'objectif de ce texte est de saisir le rôle joué par celui-ci dans la construction de la filière d'enseignement de l'informatique au Cnam ainsi que dans l'émergence de programmes de recherche autour des systèmes. Ces derniers peuvent renvoyer tant à une dimension machinique qu'à une version managériale. Dans ce cas, le système désigne une formalisation accrue des processus de gestion en particulier des modalités de circulation des informations au sein des entreprises. Le « management systémique » [*Systematic management*] trouve ses origines dans la

deuxième moitié du XIXe siècle aux États-Unis (Yates, 1992), l'utilisation des calculateurs à des tâches de gestion à partir de la fin des années 1950 s'inscrit dans cette tradition, par ailleurs très large. Dans les années 1960, en France, elle se manifeste par l'engouement des milieux gestionnaires pour la « gestion intégrée » c'est-à-dire une gestion plus scientifique et prospective reposant sur l'intégration logique des tâches puis leur traitement sur ordinateur[1].

Le Cnam offre un terrain particulièrement riche pour étudier des modalités particulières de relation entre les différentes significations attribuées au terme de système. En effet, il s'agit d'un établissement où se côtoient des enseignements technologiques et de gestion. Ainsi, dans les années 1960, le DEST de calcul automatique est divisé en deux options, calculs scientifiques et gestion automatisée, où le cours de machines mathématiques professé par Namian est commun aux deux options. De même, si Namian est initialement un spécialiste du matériel, durant les années 1960 ses intérêts le rapprochent des applications de l'informatique à la gestion. Dans ces conditions, le Cnam pourrait apparaître comme un terrain idéal de dialogue entre les approches managériales et techniciennes des systèmes. La consultation des procès-verbaux du conseil de perfectionnement, des archives des instituts et du dossier de Namian montre, au contraire, de multiples conflits au sein du département de Mathématiques-Informatique.

Notre analyse de ces conflits et de leur répercussion sur la trajectoire professionnelle de Namian ainsi que l'étude des systèmes, au niveau de l'enseignement et de la recherche, s'effectueront en trois temps. D'abord, nous montrerons que Namian a été un acteur majeur des débuts de l'enseignement de l'informatique au Cnam jusqu'à la fin des années 1960. Durant cette période, il participe à un programme de recherche financé par la DGRST qui porte sur les systèmes de gestion. À partir du début des années 1970, Namian entre en conflit avec ses collègues du département de Mathématiques-Informatique concernant la direction des enseignements et la gestion du matériel. La création d'une nouvelle chaire confiée à François-Henri Raymond place l'enseignement des systèmes dans le cadre d'une informatique fondamentale et éloigne Namian de celui-ci. Enfin, à partir de la deuxième moitié des années 1970, l'intérêt de Namian pour les systèmes, en particulier ceux de la micro-informatique, traduit sa volonté de s'éloigner de l'informatique de gestion au moment où la croissance continue des enseignements d'informatique au Cnam fait perdre à celle-ci de sa centralité. Néanmoins, cette stratégie de reconversion échoue et l'essor de l'enseignement des systèmes et des recherches sur ceux-ci se fait en grande partie sans Namian[2].

1 Sur ce point et le rôle de la gestion intégrée dans la construction de la différence entre la mécanographie et l'informatique par les milieux managériaux nous nous permettons de renvoyer à notre thèse (Neumann, 2013).

2 [Les archives utilisées pour cet article sont toutes issues des archives historiques et administratives du Cnam.]

Paul Namian : un acteur majeur des débuts de l'enseignement de l'informatique au Cnam

De l'univers de l'industrie au Cnam

Licencié *ès* sciences physiques et ingénieur radioélectricien de l'Université de Bordeaux (1950), Paul Namian débute sa carrière en 1951 à la Société d'électronique et d'automatisme (SEA) dirigée par François-Henri Raymond. Au sein de celle-ci, Namian est chargé de « *l'étude et* [de] *la confection logique des calculatrices digitales* » et dépose 11 brevets[3]. Cette expérience industrielle est à l'origine des premiers enseignements dispensés par Namian au Cnam. En effet, en 1957, IBM, Bull et la SEA soutiennent le brevet de programmeur du Cnam, initié en 1956 par des cours du soir, en permettant à certains de leurs cadres d'en assurer les travaux pratiques. En tant qu'ingénieur de la SEA, Namian intervient dans la formation par un cours de « *technologie sommaire* » d'une durée de 12 heures durant la première année d'enseignement[4]. En 1962, devant le succès rencontré par le brevet de programmeur, Alexis Hocquenghem propose de faire rentrer les formations liées aux calculateurs dans le cadre des enseignements réguliers du Cnam en créant un Diplôme d'études supérieures techniques (DEST) de Mathématiques appliquées dont le certificat principal est intitulé provisoirement « Technique et logique des machines à traiter l'information »[5]. Pour Hocquenghem, il s'agit tant d'ajuster le contenu de la formation à l'évolution anticipée du marché du travail en formant non plus des programmeurs mais des analystes-programmeurs que de promouvoir la place des mathématiques au sein du Cnam par le rapprochement de celles-ci des enseignements techniques de l'établissement[6]. Afin de trouver rapidement un nouvel enseignant, Hocquenghem soutient la candidature unique de Namian qui est nommé chargé de cours

3 P. Namian, « Rapport sur mes activités professionnelles et mes travaux de recherche et développement », octobre 1985, pp. 1-2 [Dossier personnel de Paul Namian (511)]. Parmi les différents brevets déposés, Namian souligne que six sont de « *classe internationale* » et il accorde une importance particulière à trois d'entre eux, un portant sur un multiplicateur numérique perfectionné (1956), un autre portant sur les perfectionnements apportés aux calculatrices numériques avec extraction directe de la racine carrée (1956) et un dernier sur une calculatrice perfectionnée qui serait, selon Namian, une préfiguration de la technique de mémoire virtuelle développée par IBM entre 1960 et 1965.

4 « Projet d'un enseignement de programmation sur machines à calculer électronique », Conseil de perfectionnement, 7 octobre 1957, p. 2. La formation est d'une durée totale de deux ans.

5 A.Hocquenghem, « Rapport sur un DEST de mathématiques appliquées », juin 1962, p. 2 (Annexe au Conseil de perfectionnement du 2 juillet 1962).

6 Hocquenghem estime que la création du nouveau DEST « *consacre* […] *une promotion au Cnam de l'enseignement des mathématiques : jusqu'à présent réduite au rôle d'auxiliaire des autres enseignements, la mathématique pourra devenir l'objet essentiel des études de certains de nos élèves* », *cf.* A. Hocquenghem, « Rapport sur un DEST de mathématiques appliquées », *loc. cit.*, p. 4. En effet, selon Hocquenghem la création du DEST impliquerait à terme la création d'un diplôme d'ingénieur Cnam en Mathématiques appliquées.

de machines mathématiques à partir du 1er janvier 1963[7].

Plusieurs raisons expliquent que Namian bénéficie du poste sans être mis en concurrence avec d'autres candidats. Au début des années 1960, la France possède peu de spécialistes des calculateurs et leur disponibilité professionnelle est réduite, qu'ils soient employés par les constructeurs ou bien en poste dans l'enseignement supérieur. Plus spécifiquement, Namian possède un ensemble de caractéristiques qui s'ajustent à celles du Cnam. La trajectoire professionnelle de Namian lui permet de cumuler des propriétés rarement conciliées : l'expérience industrielle, un projet de recherche et un goût pour l'enseignement. Si le départ de Namian de la SEA en 1959 suite à un conflit avec Raymond[8] peut poser la question des relations qu'il entretiendra avec ce dernier et Hocquenghem au sein du Cnam, il est aussi une garantie d'indépendance par rapport aux constructeurs, exigée pour le nouveau professeur. Dans le même temps, Namian n'a pas perdu tout contact avec les problèmes posés par l'utilisation des calculateurs dans les entreprises et les administrations : il demeure ingénieur conseil auprès de la Société d'économie et de mathématiques appliquées (SEMA), expert-conseil auprès de l'OCDE pour le traitement de l'information et membre du groupe A « Calculatrice électronique » de la commission permanente de l'électronique du Commissariat général au Plan. Le départ de Namian de la SEA correspond parallèlement à une réorientation de sa carrière vers l'enseignement et la recherche. Depuis 1959, Namian est maître-assistant à la Faculté des sciences de Grenoble et chargé d'enseignement à l'Institut de Mathématiques appliquées de Grenoble (IMAG) où il prépare une thèse sous la direction de Jean Kuntzmann intitulée « Synthèse des travaux de gestion administrative au moyen des calculatrices numériques »[9]. Lorsque Namian retrace sa carrière au milieu des années 1980, il résume son projet de thèse de la manière suivante :

> L'idée essentielle était de définir, sous forme d'une algèbre, un ensemble de règles permettant d'exprimer les relations fonctionnelles qui existent, implicitement, entre les informations d'un système non scientifique. Il devait en découler des structures simples et systématiques, pour le traitement automatique des informations. Une conséquence inattendue de cette algèbre fut, ultérieurement, une contribution non négligeable à la définition des bases de données relationnelles[10].

7 Conseil de perfectionnement, 4 février 1963, p. 3.

8 Les raisons du conflit entre Namian et Raymond sont mal connues. Dans le Compte rendu de ses recherches rédigé en 1985, Namian signale « *un désaccord […] sur la conception logique des calculatrices digitales* ». *Cf.* P. Namian, « Rapport sur mes activités professionnelles… », *loc. cit.*, p. 3. Par ailleurs, les archives personnelles de Raymond consultées par P.-E. Mounier-Kuhn ne contiennent pas d'explications concernant ce conflit.

9 Ces données biographiques sont extraites du résumé de la candidature de P. Namian dans Conseil de perfectionnement, 5 novembre 1962, p. 14.

10 P. Namian, « Rapport sur mes activités professionnelles… », *loc. cit.,* pp. 3-4.

L'expérience grenobloise de Namian correspond aux objectifs de promotion de l'enseignement des mathématiques fixés par Hocquenghem, puisque Namian a contribué à l'organisation de la filière d'ingénieur de l'IMAG et qu'il en assume la direction depuis 1960[11], tout en permettant d'établir des relations avec André Brunet qui souhaite que les enseignements sur les calculateurs soient ouverts aux élèves des cours d'économie et gestion[12].

La création d'un cursus d'informatique

Si, initialement, les objectifs professionnels de Namian renvoient simultanément à l'enseignement et à la recherche, son activité au sein du Cnam est essentiellement enseignante. En effet, la position particulière du Cnam au sein de l'enseignement supérieur, les caractéristiques de ses enseignants ainsi que son organisation interne autour des chaires n'impliquent pas l'association systématique de l'enseignement et de la recherche. Comme enseignant, durant les années 1960, Paul Namian, associé à Hocquenghem, est un acteur majeur du passage d'une formation ponctuelle de la programmation à un enseignement complet de l'informatique. Il participe à la conception des différents certificats qui constituent le DEST de calcul automatique ainsi qu'à la définition de leur position relative dans la formation (délimitation des valeurs associées et de leur inscription en cycle A et B). Son rôle central dans le démarrage de l'enseignement de l'informatique au Cnam se traduit par une rapide promotion. En 1966, le conseil de perfectionnement décide à l'unanimité de transformer son cours de machines mathématiques en chaire[13].

Sans décrire le processus, continu dans les années 1960, de création et de réforme des certificats, il est possible de dégager les principes généraux qui guident Namian lors de l'élaboration de la filière informatique du Cnam. Dès 1962, l'enseignement de l'informatique est conçu pour répondre simultanément à des demandes de formation diverses provenant aussi bien d'auditeurs souhaitant devenir informaticiens que d'utilisateurs souhaitant se familiariser avec les nouvelles techniques. Ce double objectif implique que les enseignements de la chaire de Machines mathématiques s'adressent à des auditeurs provenant d'horizons disciplinaires différents. Ainsi, le DEST de calcul automatique comprend deux options de spécialisation en calculs scientifiques et en gestion. Ces caractéristiques générales proviennent de l'analyse des lacunes de l'appareil de formation à l'informatique effectuée d'abord par Hocquenghem pour justifier le démarrage de la nouvelle filière auprès

11 *Ibid*., p. 3.

12 Inspecteur des Finances et directeur de l'Institut des techniques comptables du Cnam, André Brunet (1902-1986) met en place, sur proposition du CNOF, un centre d'études de mécanographie qui continue de fonctionner durant les années 1960.

13 « Chaire de mathématiques. Programme », Conseil de perfectionnement, 3 mai 1966, p. 10.

de la Direction du Cnam puis exposée par Namian lors du quatrième congrès de l'Association française d'informatique et de recherche opérationnelle (AFIRO) en avril 1964. Les formations effectuées par les constructeurs, orientées par une perspective commerciale, ne permettent pas de dégager des principes généraux d'enseignement, particulièrement dans le domaine peu formalisé de la gestion. Par-là, elles ne peuvent répondre aux besoins des entreprises et des administrations qui s'établissent selon Namian au niveau de l'ingénieur analyste[14]. La filière d'informatique du Cnam doit donc contribuer à combler ces lacunes et permettre à l'établissement d'être un précurseur dans ce domaine de formation. Les différents cours d'informatique connaissent un succès rapide, celui de Machines mathématiques professé par Namian atteint 230 auditeurs dès la première année (Mounier-Kuhn, 2010, p. 352). Ce succès se saisit aussi à travers les diffusions télévisées de son cours d'informatique sur Télé-Cnam entre 1968 et 1970.

La création de l'Institut d'informatique d'entreprise (IIE) du Cnam en 1967 illustre les objectifs attribués au développement de la filière informatique. Dirigé par Namian entre 1968 et 1970, l'IIE est une formation sélective qui recrute ses étudiants au niveau des classes de mathématiques spéciales et sur concours pour les titulaires d'un premier cycle de sciences ou d'un DUT. Il s'agit d'une formation pluridisciplinaire assurée conjointement par les départements de Mathématiques-Informatique et d'Économie-Gestion. L'établissement est habilité à décerner le titre d'ingénieur au terme d'une formation de trois années[15]. De cette manière, il concrétise les revendications anciennes des enseignements de gestion et de mathématiques à pouvoir déboucher sur un titre d'ingénieur.

Des recherches inachevées sur les systèmes de gestion

Dans les années 1960, les activités de recherche de Namian sont en grande partie liées au maintien de son implantation grenobloise jusqu'en 1967 lorsque son cours de Machines mathématiques est transformé en chaire. Si le Cnam participe à celles-ci, il n'en est pas l'acteur principal et certaines de ses composantes intéressées par les ordinateurs peuvent en être exclues. Pour cette raison, le directeur de l'Institut d'études des sciences du travail et de l'organisation (IESTO), Jacques Lobstein se plaint ainsi auprès du directeur du Cnam : « *J'aimerais en outre savoir pourquoi un professeur au Cnam, conseiller scientifique de l'IESTO*

14 P. Namian, « Exposé sur l'enseignement de la gestion automatisée », *Actes du 4e Congrès de l'AFIRO,* Paris, Dunod, 1965, pp. 412-413.

15 Sur le projet de l'IIE voir A. Brunet et P. Namian, « Rapport sur le projet de création d'un Institut d'Informatique d'entreprise », mai 1967 (Annexe au conseil de perfectionnement du 16 mai 1967). Sur les premières années de fonctionnement de l'Institut voir P. Namian, « L'informaticien d'entreprise et sa formation », *Automatisme,* 1967 et C. Marson, « L'Institut d'informatique d'entreprise au Cnam », *01 Informatique*, octobre 1972.

par surcroît préfère incorporer au comité technique créé en vue d'une recherche financée par la Direction générale de la recherche scientifique et technique (DGRST), l'Institut de contrôle de gestion ou l'Association française de normalisation (AFNOR), plutôt que l'IESTO, alors qu'il n'ignore rien de la création de notre unité de recherches. »[16]

Le sujet de thèse de Namian, qui rapproche celui-ci de la gestion alors qu'il est initialement un spécialiste du matériel, rencontre les préoccupations de différentes institutions concernant l'établissement de critères d'utilisation des calculateurs afin d'assurer leur rentabilité dans le domaine de la gestion. Ainsi, Namian est lié, notamment par ses activités de conseil, à un ensemble de recherches instrumentales qui ont pour objectif de poser les fondements d'une « gestion intégrée ». En 1963-1964, l'Institut de contrôle de gestion (ICG) crée à Grenoble un groupe de liaison université-industrie. Celui-ci associe d'une part, le centre de préparation à la gestion des entreprises et l'Institut de mathématiques appliqués de l'Université de Grenoble – où Namian conserve des charges d'enseignement – d'autre part, l'établissement Merlin-Gérin. L'intérêt de l'État pour la gestion automatisée explique que cette recherche, initialement ponctuelle, connaisse plusieurs prolongements. En 1964, la Direction générale de la recherche scientifique et technique finance l'Université de Grenoble pour un premier élargissement du projet. En 1965, le Commissariat général du Plan octroie de nouveaux crédits à l'ICG pour « *étudier* […] *les problèmes posés par la mise en place et l'utilisation d'un ordinateur* ». L'IESTO, par l'intermédiaire de M. Patron, prend à charge une partie des recherches, financées notamment par le Fond National à la productivité[17]. Enfin, en 1966-1967, un contrat de recherche est passé entre la DGRST et le Cnam pour que le laboratoire d'informatique fasse une « *étude théorique du traitement des informations administratives à l'aide des moyens du calcul électronique* »[18]. Plus clairement, il s'agit « *de définir la méthodologie d'analyse des systèmes de gestion en vue de leur automatisation*. »[19]

Les recherches menées dans le cadre de l'ICG et dans celui du Cnam répondent à des considérations pratiques qui se posent aux utilisateurs : étude des besoins, choix du matériel, méthodologie d'analyse, organisation et structure de l'entreprise après informatisation. Elles englobent un ensemble de questions qui correspondent aux différents éléments techniques organisationnels et humains de ce que les gestionnaires considèrent

16 Lettre de J. Lobstein à Guérin, 14 juin 1966, p. 2.

17 L'historique de ces recherches et les différents acteurs y participant se trouve dans ICG, « Déclaration d'intention de recherche », non daté, pp. 1-3, dossier 3EE43.

18 Cnam-Laboratoire d'informatique, « Contrat de recherche DGRST-Cnam », non daté, p. 1, dossier 3EE43.

19 P. Namian, « Rapport sur mes activités professionnelles et mes travaux de recherche et développement », octobre 1985, p. 4, dossier personnel de P. Namian.

comme un système. La déclaration d'intention de recherche mentionne que :

> L'ordinateur étant mis en place, il peut alors être considéré comme un compensateur permettant d'optimiser le fonctionnement intrinsèque du système de gestion considéré comme un système échantillonné.
>
> Ceci implique que l'on ait évalué la structure des liaisons de ce système, problème qui peut être élaboré par la théorie générale des systèmes[20].

En raison du caractère hybride de la notion de système en gestion, ces recherches comprennent un volet monographique et des tentatives d'élaboration théorique. Le caractère hybride de ces recherches se voit bien dans la composition du comité technique chargé de son suivi. Celui-ci comprend notamment P. Lhermitte, auteur du *Pari informatique* (1968), P. Dreyfus, un ancien de Bull qui a fondé ensuite la filiale de calcul de la SEMA, Saint-Paul, directeur du groupe d'études recherche et développement de l'Association Française pour l'accroissement de la productivité (AFAP)[21] qui enseigne l'économie-gestion au Cnam ainsi que P. Namian et son assistant J.-P. Poly[22]. Le rôle de Namian dans ce programme de recherches semble essentiellement de fournir, à partir de ses travaux de doctorat, un support théorique pour les études menées par d'autres, d'abord par M. Patron (IESTO) qui applique la théorie de la décision à la description des états de la nature de l'entreprise, puis par J. Eugène dont la recherche partant de l'*« isomorphisme entre les machines et les systèmes organisés »* tente de « *trouver les relations entre une structure donnée et celle d'une machine à traiter l'information* »[23]. Le contrat entre la DGRST et le Cnam présente d'ailleurs la recherche financée comme une conséquence des travaux de Namian[24].

Il est difficile, à partir des archives consultées jusqu'à présent, de saisir la place effective que le Cnam a tenue dans la dernière phase de ces recherches. En effet, le contrat est la dernière source directe[25] qui mentionne celles-ci et il indique qu'elles ne peuvent démarrer immédiatement en raison d'un retard dans la livraison du matériel informatique qui doit parvenir entre juin 1967 et avril 1968. L'analyse du travail effectué par le Cnam pourrait être plus poussée à partir de l'étude des archives du laboratoire d'in-

20 ICG, « Déclaration d'intention de recherche », non datée, pp. 1-3, dossier 3EE43.

21 Ce groupe promeut les recherches nécessaires à l'élaboration d'une politique de productivité fondée sur le développement du progrès technique.

22 Sans titre, Paris, le 15 novembre 1966, p. 6, dossier 3EE43.

23 Réunion du comité technique, 20 mars 1967, p. 2, dossier 3EE43.

24 Cnam-Laboratoire d'informatique, « Contrat de recherche DGRST-CnamCnam », non daté, p. 1, dossier 3EE43.

25 Le résumé par Namian de ses activités de recherche mentionne que les travaux sur contrat de la DGRST avec « l'objectif de définir la méthodologie d'analyse des systèmes de gestion en vue de leur automatisation » ont eu lieu entre 1966 et 1968. Cela semble indiquer que les archives jusqu'à présent consultées livrent l'essentiel des informations sur ce projet.

formatique. Il est par contre possible d'affirmer que le rôle propre de Namian dans la réalisation d'études originales est très limité. En effet, le contrat entre la DGRST et le Cnam est contemporain de l'abandon par Namian de son doctorat. Rétrospectivement, Namian avancera avoir « *renoncé à la présentation de cette thèse sur les suggestions du professeur Ragey et du professeur Hocquenghem qui affirmaient qu'un professeur titulaire d'une chaire au Cnam ne devait pas se faire juger par une instance universitaire* »[26]. Cette affirmation est difficilement vérifiable tant elle est marquée par les multiples conflits qui opposent Namian au reste des membres du département de Mathématiques-Informatique. Par contre, on peut constater que l'abandon de sa thèse est contemporain de son accès au grade de professeur du Cnam. Ainsi, cet abandon semble bien résulter d'un choix de carrière, l'obtention d'une promotion au sein du Cnam rendant inutile la poursuite d'une thèse pour Namian. Cependant, si ce choix est compréhensible – l'accès au grade de professeur du Cnam ne nécessite pas les mêmes titres que dans le reste de l'enseignement supérieur tout en offrant un statut sensiblement équivalent – il se révèle handicapant en raison du contexte particulier dans lequel il s'opère. En effet, à partir de la deuxième moitié des années 1960, le Cnam tend à se rapprocher des autres établissements de l'enseignement supérieur, en particulier parce que sa direction et ses enseignants craignent la concurrence des IUT ainsi que des facultés. La création de départements (1967), regroupement de chaires par affinités disciplinaires où s'élaborent les positions tenues lors des conseils de perfectionnement, est un des aspects de ce rapprochement. Elle renforce l'organisation disciplinaire du Cnam et ses conséquences sont marquées dans le cas du département de Mathématiques-Informatique qui, à partir des années 1970, recrute davantage de docteurs. Dès lors, l'éloignement de Namian du monde de la recherche et de l'évolution de ses enjeux implique son éloignement des intérêts dominants du département et limite les possibilités de dialogue avec ses collègues.

Le département de Mathématiques-Informatique : croissance et conflits

Des enjeux de conflits : la gestion des équipements et la coordination des enseignements

À partir du début des années 1970, la multiplication des certificats associés à la chaire de Namian et l'augmentation du nombre d'auditeurs[27] pose la question de la coordination des enseignements, de

26 P. Namian, « Rapport sur mes activités professionnelles et mes travaux de recherche et développement », octobre 1985, p. 4, dossier personnel de P. Namian.

27 Entre 1966 et 1969, le nombre d'auditeurs inscrits aux enseignements relevant de cette chaire passe de 800 à près de 6 500. *Cf.* « Enseignement d'informatique 1970-1971 », Conseil de perfectionnement, 13 mai 1970, p. 7.

la gestion du laboratoire d'informatique et de la répartition des moyens entre les différents enseignants du département de Mathématiques-Informatique. Cette question s'inscrit dans un contexte plus général de recomposition des enseignements du Cnam pour s'adapter aux réformes de l'enseignement supérieur et à l'évolution des caractéristiques des auditeurs[28]. Confronté à la croissance de la filière informatique, Namian tente d'orienter les nominations des nouveaux enseignants et l'attribution des ressources de manière à se voir attribuer la direction effective des différents enseignements de l'informatique en s'opposant systématiquement à Hocquenghem. Cependant, cette stratégie aboutit à un isolement croissant au sein du département de Mathématiques-Informatique et au refus des propositions de Namian. Parce que celles-ci sont toujours modifiées par le département, Namian en est réduit, comme le remarque le Directeur du Cnam, à s'opposer à des décisions qu'il avait initialement soutenues[29].

Il est possible de retracer la logique générale du conflit entre Namian et Hocquenghem en excluant les aspects anecdotiques ou les répétitions dues au fonctionnement même des conseils de perfectionnement[30]. Namian critique le rattachement de sa chaire au département de Mathématiques-Informatique en 1969 ainsi que la nomination d'Hocquenghem à la tête de celui-ci. Cette dernière implique, en effet, la gestion effective des matériels informatiques du Laboratoire. Namian considère que cette organisation des responsabilités conduit à assurer la mainmise des mathématiciens sur l'informatique. En 1970, il conteste l'attribution d'une charge de cours en Mathématiques appliquées qui selon lui ne s'intégrerait pas aux enseignements du département et ne correspondrait pas aux objectifs prioritaires de l'enseignement de l'informatique[31]. À la fin de l'année 1971, il justifie son refus de s'occuper d'un stage de formation à l'informatique des professeurs de l'Éducation Nationale en arguant que la demande du Ministère ne s'adresse pas à un professeur d'informatique mais à un responsable de centre de traitement, donc à Hocquenghem, puisque lui-même a été « *volontai-*

28 Sur ce point voir (Grignon, 1976). Les études statistiques réalisées par le Cnam en 1976 mettent aussi en évidence une élévation des titres scolaire des élèves du Cnam ainsi qu'une augmentation de leur âge. « Présentation des statistiques descriptives sur les élèves des enseignements donnés hors temps ouvrable 1975-1976 », Conseil de perfectionnement, 14 décembre 1976, pp. 1-4.

29 Lettre de M. Guérin, Directeur du Cnam, à P. Namian, 20 octobre 1971 p. 1, dossier personnel de P. Namian (511).

30 Instance de rencontre entre la direction et les enseignants, le conseil de perfectionnement traite notamment des questions générales relatives à l'établissement comme celles concernant les créations de poste et l'évolution des programmes. Cependant, ces questions générales et les conflits qu'elles génèrent tendent parfois à porter sur de micro-objets, par exemple, la modification d'un quart de point de la valeur d'un enseignement pour l'obtention d'un certificat. Ces points ponctuels n'apportant rien à la compréhension du conflit entre Namian et Hocquenghem nous les avons exclus de cet article.

31 Voir « Institut de Mathématiques appliquées. Programme d'activités 1970-1971 », Conseil de perfectionnement, 8 juillet 1970, p. 9 et Lettre de P. Namian au Directeur du CnamCnam, 9 octobre 1970, pp. 1-2, dossier personnel de P. Namian (511).

rement exclu de toute responsabilité de gestion des matériels ». Effectuer ce stage reviendrait selon Namian à accepter l'idée qu'il n'est « *qu'un simple sous-ordre de Monsieur le professeur Hocquenghem, qui pourrait, ainsi, au gré [sic] de sa fantaisie, se décharger de toutes les tâches matérielles ou fastidieuses, mais conserver, exclusivement, et sans partage, la haute main sur la disponibilité des moyens.* »[32] En 1972, devant l'impossibilité d'obtenir la gestion des moyens de calcul, Namian demande, dans une lettre adressée simultanément au Directeur du Cnam et aux enseignants du département, à être déchargé de la coordination des enseignements d'informatique au profit d'Hocquenghem et à ne conserver que la responsabilité de son propre enseignement et de l'organisation de ceux de niveau C[33].

Les systèmes dans l'évolution des cursus d'enseignement du Cnam

Le conflit entre Hocquenghem et Namian sur la gestion du laboratoire et des moyens de calcul se prolonge sur la question de l'évolution du département de Mathématiques-Informatique. Il s'agit moins de désaccords sur l'identification des problèmes que connaît le département ou sur l'évolution du contenu des enseignements que d'une lutte concernant leur direction. Sur le fond, Namian et Hocquenghem ont des positions proches : ils constatent tous les deux la nécessité de rompre le sous-encadrement des enseignements et l'inadaptation d'une organisation issue des deux filières initiales du calcul scientifique et de la gestion automatisée alors qu'une troisième filière dite de « conception »[34] a émergé dès 1965. Tant pour Namian qu'Hocquenghem, la réorganisation des enseignements conduit à expliciter la notion de système dans les programmes du Cnam. Dès 1970, Namian propose de compléter les quatre cours de Machines mathématiques[35] par des cours de Systèmes d'exploitation et de Systèmes informatiques de niveau C[36]. En 1972, lorsqu'Hocquenghem propose de créer une nouvelle chaire d'informatique, il l'associe à l'émergence d'« *une formation plus générale d'ingénieur-système* » et propose l'appellation de *« Systèmes informatiques* » pour celle-ci[37]. En 1973, la commission propose que la nouvelle chaire soit intitulée « *Informatique-Méthodes et systèmes de programmation* »[38].

32 Lettre de P. Namian au Directeur du Cnam, 20 décembre 1971, p. 2, dossier personnel de P. Namian (511).

33 Lettre de P. Namian au Directeur du Cnam, 13 juin 1972, p. 1, dossier personnel de P. Namian (511).

34 La filière construction a pour objectif de former des techniciens de circuit pour les circuits informatiques.

35 Soit Informatique théorique, Langages de programmation, Circuits digitaux et Informatique de gestion.

36 Chaire de machines Mathématiques-Informatique, « Projet des enseignements d'informatique au Conservatoire national des Arts et Métiers », Conseil de perfectionnement du 13 mai 1970, p. 2.

37 « Problèmes posés par l'enseignement de l'informatique au Conservatoire », Conseil de perfectionnement, 5 décembre 1972, pp. 17 et 19.

38 « Enseignement de l'informatique », Conseil de perfectionnement, 13 février 1973, p. 16.

Cependant, Namian s'oppose à la création d'une nouvelle chaire d'informatique indépendante de la sienne car la responsabilité du Laboratoire de Calcul et de la coordination des enseignements serait confiée au nouveau professeur. Ainsi, il assimile ce projet à un désaveu de son activité au Cnam et soutient qu'il n'existe pas de candidats réunissant assez de qualités pour correspondre au poste. De même, il préférerait le recrutement d'un maître de conférences ou alors le dédoublement de sa chaire plutôt que la création d'une chaire originale[39]. Son opposition n'empêche pas le conseil de perfectionnement de suivre l'avis d'Hocquenghem et de créer en 1973 une nouvelle chaire d'informatique attribuée à son ancien patron à la SEA : François-Henri Raymond. Dans ces conditions, on assiste à un glissement de sens de la notion de système au Cnam par rapport à la fin des années 1960. Apparue dans le cadre des applications de gestion, elle prend une signification plus technique étroitement subordonnée à un socle d'informatique fondamentale défini par la programmation théorique. En 1981, au moment où la question du remplacement de Raymond commence à se poser, Jean-Francois Dazy résume ainsi l'évolution des enseignements d'informatique au Cnam depuis le début des années 1970 :

> Informatique et programmation sont devenues indissociables. Si la programmation n'est pas tout, elle est partout et ce n'est jamais un accessoire en informatique, (les erreurs coûtent toujours aussi cher). Aussi, dans une formation d'ingénieur, si la programmation n'est pas une fin en soi, « savoir programmer » est une condition nécessaire à l'exercice du métier. C'est devenu le dénominateur commun de l'informatique, le noyau dur qu'on ne peut éviter. Nous pensons que mettre la programmation sous la tutelle d'une spécialité informatique – génie logiciel, systèmes, CAO, intelligence artificielle, contrôle de processus – conduirait inévitablement à ce qu'elle devienne un enseignement de cette spécialité et qu'ensuite les autres spécialités développent leur enseignement propre pour arriver à des filières de spécialités disjointes et séparables (et sourdes entre elles)[40].

Une fin de carrière à l'écart des évolutions de l'informatique au Cnam

Une marginalisation accentuée au sein du département

Durant la deuxième moitié des années 1970 et le début des années 1980, l'isolement de Namian au sein du Cnam s'accentue. Les comptes rendus des conseils de perfectionnement de cette période offrent de multiples témoignages d'une position de plus en plus marginale. Par exemple, en 1977, lors du recrutement de Lascaux pour la chaire de Mathématiques appliquées à l'art de l'ingénieur, des membres de la commission de recrutement soulignent

39 « Problèmes posés par l'enseignement de l'informatique au Conservatoire », Conseil de perfectionnement, 5 décembre 1972, pp. 17-20.

40 J.-F. Dazy, « Rapport sur la situation de la chaire de programmation », Annexe, Conseil de perfectionnement, 11 mai 1981, pp. 3-4.

l'intérêt de son profil, alliant « *la formulation mathématique-théorique* » et la pratique du « *calcul numérique sur de gros ordinateurs* », dans un « *département de Mathématiques-Informatique toujours sur le point d'éclater en deux morceaux tant les problèmes des uns paraissent étrangers aux autres* »[41], allusion transparente aux positions de Namian concernant la place des mathématiques dans le département. En 1978, Namian affirme qu'« *il se trouve personnellement étouffé par son département* » tandis que R. Chenon répond qu'« *il n'y a pas de problèmes au niveau du département de mathématiques […] les réunions s'y déroulent calmement […] on n'y voit toutefois jamais M. Namian*. »[42] En 1983, le président du Conseil de perfectionnement constate « *qu'une nouvelle fois le conseil se trouve saisi de deux points de vue différents en matière d'informatique, celui du département et celui de M. Namian*. »[43] Parallèlement, cette divergence entre Namian et le département permet à certains de ses collègues ou de ses étudiants de critiquer ouvertement le niveau de ses enseignements : en 1978, Prudor, affirme que la filière d'informatique de gestion dirigée par Namian n'est pas réellement une filière d'ingénieur[44].

Les relations entretenues par Namian avec ses collègues et l'échec de ses propositions d'organisation de l'enseignement de l'informatique peuvent être rapportés au vieillissement de ses caractéristiques professionnelles[45]. Si au début des années 1960, le profil de Namian est rare, quinze ans plus tard, la diffusion accrue des ordinateurs dans les entreprises ainsi que le développement de l'enseignement et de la recherche en informatique ont rendu celui-ci relativement banal. Cette évolution est d'autant plus accentuée que l'abandon de sa thèse en 1967 coupe Namian des équipes de Grenoble et plus généralement de l'évolution de la recherche en informatique, le condamnant à être étiqueté informaticien de gestion. Or, passé la création de ses différentes filières de formation, l'informatique de gestion perd sa dimension stratégique auprès des instances de promotion de l'informatique tout en apparaissant comme un simple domaine d'application de l'informatique générale qui ne parvient pas à devenir réellement un axe structurant des recherches en informatique[46]. Ainsi, l'isolement de Namian au sein de son département et son

41 « Mathématiques appliquées à l'art de l'ingénieur », Conseil de perfectionnement, 8 juillet 1977, p. 5.

42 Conseil de perfectionnement, séance restreinte, 14 novembre 1978, pp. 3-4.

43 « Examen des projets d'enseignement en matière d'informatique (Hors temps ouvrable) », Conseil de perfectionnement, 8 mars 1983, p. 8.

44 Conseil de perfectionnement, 14 février 1978, p. 9. Les propos de Prudor sont jugés « *inadmissibles* » par Namian.

45 Les discussions informelles avec d'anciens étudiants de P. Namian indiquent une absence de renouvellement de ses cours dès le début des années 1970.

46 Bien que le développement de la recherche en informatique de gestion ait été considéré comme prioritaire par la délégation à l'informatique, celle-ci demeure marginale voire inexistante dans les grands établissements universitaires. Sur les différentes raisons qui expliquent cette situation voir (Neumann, 2013, p. 388-421). À cet égard, il existe une forte homologie entre la position individuelle de P. Namian au sein du Cnam et celle de l'informatique de gestion dans l'enseignement supérieur.

hostilité aux « mathématiciens », accusés d'entraver l'épanouissement de l'informatique au Cnam, apparaissent comme la conséquence de l'échec de sa stratégie de reconversion.

Sortir de l'informatique de gestion : l'échec d'une stratégie de reconversion

Ce point peut être vérifié par la situation des enseignements d'informatique de gestion du Cnam. Dès 1975, Namian signale qu'il est dans l'incapacité de suivre seul l'ensemble des mémoires d'ingénieur soutenus en informatique de gestion et que la filière souffre d'un déficit général d'encadrement[47]. Bien que la Direction du Cnam reconnaisse l'existence du problème, aucune solution définitive n'est trouvée avant 1984[48]. Quant aux différentes solutions provisoires ébauchées, elles génèrent des conflits tellement violents entre Namian et le reste du département qu'elles ne sont jamais acceptées à l'issue des délibérations du conseil de perfectionnement. La longueur du processus de décision renvoie tant aux motivations réelles de Namian, qu'à la situation de l'informatique de gestion dans la recherche et dans l'enseignement supérieur sur cette période. Si les problèmes d'encadrement de la filière sont réels, ils ne sont pas l'unique raison qui pousse Namian à demander que sa charge d'enseignement dans l'informatique de gestion soit allégée. Pour lui, il s'agit aussi de pouvoir intervenir dans le développement de la filière de formation de génie informatique et de s'intéresser à la micro-informatique, rester cantonné à l'informatique de gestion, alors que la filière informatique du Cnam s'étoffe continuellement, revenant à une accentuation de sa marginalisation dans l'établissement. Parce que l'allégement de ses responsabilités en informatique de gestion est soumis à cet objectif, Namian adopte une stratégie fluctuante concernant la forme concrète que celui-ci doit prendre, oscillant entre le désir d'être simplement secondé par un enseignant qu'il aurait approuvé, et celui d'être totalement déchargé de la formation[49]. De même, il élabore ses propositions indépendamment du département et ne participe pas à toutes les réunions concernant le réaménagement de la filière d'informatique de gestion. Parallèlement, si la reconnaissance de cette filière auprès des entreprises et des étudiants ainsi que le soutien que lui apportent les départements d'économie-gestion et des sciences de l'homme au travail dans l'entreprise garantissent son maintien, son extension ne fait pas l'unanimité au sein du département de Mathématiques-Informatique.

47 Par exemple, 100 mémoires ont été soutenus en 1975 et Namian estime le nombre de mémoires pour l'année 1976 à 110-115. Voir « Informatique de gestion. Création d'un poste de professeur associé », Conseil de perfectionnement, 12 octobre 1976, p. 8. En 1978, il serait de 153, voir Conseil de perfectionnement, 14 mars 1978, p. 10.

48 Avec la nomination d'A. Mathelot. Voir Conseil de perfectionnement, 5 janvier 1984.

49 Par exemple, « Enseignement d'informatique appliqué à la gestion », Conseil de perfectionnement, 13 juin 1978, pp. 11-12.

Raymond conteste l'intérêt de la création d'une nouvelle chaire d'informatique de gestion et défend la création d'une chaire d'informatique générale. Selon lui, l'enseignement de la « gestion automatisée » doit être pris en charge par d'autres départements que celui de Mathématiques-Informatique, qui ne doit s'intéresser qu'aux problèmes informatiques posés par les applications de gestion[50].

Un rôle marginal dans l'essor de l'enseignement des systèmes

Le début des années 1980 marque l'échec de Namian à jouer un rôle significatif dans l'élaboration des enseignements portant sur les systèmes informatiques au moment où ceux-ci accueillent un nombre d'auditeurs significatifs. Entre les années universitaires 1978-1979 et 1980-1981, les enseignements d'architecture des systèmes en temps réel reçoivent entre 250 et 300 auditeurs et ceux de systèmes informatiques B1 connaissent une croissance continue passant de 116 étudiants à 200[51]. L'ambition de Namian est d'abandonner l'informatique de gestion pour prendre en charge l'enseignement de génie informatique. En 1979, il soumet au conseil de perfectionnement un projet de réforme de la filière « informatique-construction ». Il s'agit pour Namian de tenir compte de *« l'actuelle évolution de l'informatique » en particulier de « la micro-informatique [car] nous voyons la nécessité de développer des formations de techniciens et d'ingénieurs spécialisés dans les micro-systèmes (micro-processeur, microordinateur, informatique répartie, télématique etc.).* » Il s'agirait de créer un DEST de « génie informatique » avec trois options – système microinformatique, informatique industrielle, microinformatique appliquée – puis d'aboutir à un diplôme d'ingénieur Cnam mention « *génie informatique* »[52]. En 1980, Lascaux indique que *« le professeur Namian souhaite […] être déchargé* [de l'informatique de gestion] *pour se consacrer au développement de la filière génie informatique* »[53]. Cependant, alors que cette évolution de l'enseignement est souhaitée par les autres membres du département de Mathématiques-Informatique, Namian ne s'associe jamais à eux. Ses propositions sont concurrentes de celles du département et ne recueillent pas

50 Les interventions de Raymond sont nombreuses sur la question de l'informatique de gestion. Le résumé le plus complet de ses arguments se trouve dans Conseil de perfectionnement, 14 février 1978, pp. 13-14. Si les positions de Raymond ne peuvent totalement être dissociées de l'ancienneté de ses conflits avec Namian (et inversement de sa proximité avec Hocquenghem), elles s'inscrivent dans une conception des relations entre l'informatique générale et l'informatique appliquée partagée par d'autres acteurs de la recherche informatique. Voir, par exemple, OCDE, *Problèmes et perspectives de la recherche fondamentale dans les domaines multidisciplinaires*, Informatique, Paris, OCDE, 1972, pp. 23-46.

51 « Rentrée scolaire 1980-1981 », Conseil de perfectionnement, 18 novembre 1980, p. 6.

52 P. Namian, « Projet de modification de la filière "informatique-construction" », Conseil de perfectionnement, 12 juin 1979, pp. 2-3.

53 « Proposition de modification des filières d'informatique au Cnam », Conseil de perfectionnement, 10 juin 1980, p. 2.

le soutien de la direction du Cnam[54]. Ainsi en 1983, les systèmes sont présents dans les quatre DEST proposés par le Cnam (informatique d'entreprise, informatique fondamentale en vue des applications, génie informatique, informatique scientifique) et de même existe un « laboratoire des systèmes informatiques » qui :

> […] élabore des études propres destinées à préparer l'évolution du centre de calcul et à expérimenter un fonctionnement futur ; il conduit aussi des recherches en collaboration avec l'industrie dans les domaines des systèmes informatiques centralisés ou répartis, la disponibilité et la sûreté des systèmes, les bases de données[55].

Cependant, parce qu'il s'est coupé du reste du département, Namian ne joue aucun rôle direct dans l'enseignement et dans la recherche concernant les systèmes.

En conclusion dans les années 1980, s'achève le processus de marginalisation de Paul Namian au sein du Cnam. Comme il le souhaitait, il est déchargé de la filière d'informatique de gestion mais il considère qu'il s'agit de « *l'aboutissement* » de ses conflits avec le département. Dans le résumé de sa carrière qu'il écrit en 1985, il mentionne « *une décision directoriale du 8 janvier 1981, par laquelle il m'était retiré, d'une part, toute responsabilité dans les enseignements autres que le cours d'informatique générale, et, d'autre part, le laboratoire de ma chaire, ainsi que tous les personnels affectés à mon service.* »[56] En 1986, après avoir été exclu de l'opération Informatique pour tous, il écrit une longue lettre au Directeur du Cnam pour demander qu'on lui « *rende justice* » et qui témoigne de son isolement au sein de l'établissement. Se plaignant qu'« *une atmosphère plus ou moins calomnieuse* » a ruiné sa réputation, il attribue la décision de 1981 à des « *manipulations et des intrigues* » opérées « *afin de confisquer au profit d'autres, les moyens dont je disposais pour réaliser mes activités* »[57]. La même année, il se plaint que les autres enseignants plagiaient ses cours[58]. Totalement isolé au sein d'un département où il n'entretient plus de dialogues avec la plupart de ses

54 C'est le cas en 1983 où il y a un projet du département et un projet de Namian. Le conseil de perfectionnement ne se prononce pas sur le projet de Namian car il n'a pas reçu celui-ci. Voir « Examen des projets d'enseignement en matière d'informatique (HTO) », Conseil de perfectionnement, 8 mars 1983, p. 8.

55 Département de Mathématiques-Informatique, « Enseignement et recherche en informatique pour le Cnam. Réalités et projet », in Conseil de perfectionnement, 10 mai 1983, p. 16. Voir, sur le « laboratoire de systèmes informatiques », l'article de Paloque-Berges et Petitgirard dans ce même volume.

56 P. Namian, « Rapport sur mes activités professionnelles et mes travaux de recherche et développement », octobre 1985, p. 6, dossier personnel de Paul Namian (511).

57 Lettre de Namian à Jean Saurel, 23 mars 1986, pp. 1-2, Fonds Thiercelin, 64 CH 8.

58 Lettre de Namian à Jean Saurel, 3 mars 1986, p. 1, Fonds Thiercelin, 64 CH 8.

collègues, Namian consacre ses dernières années d'activité à des recherches et des cours de didactique de l'enseignement de l'informatique qu'il effectue en partie par des vacations à l'Université de Paris VII. Paul Namian part à la retraite en 1991.

Bibliographie

Grignon C. (1976). « L'art et le métier. École parallèle et petite bourgeoisie ». *Actes de la recherche en sciences sociales,* 2-4, pp. 21-46.

Mounier-Kuhn P.-E. (2010). *L'informatique en France de la seconde guerre mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science.* Paris : PUPS.

Neumann C. (2013). *De la mécanographie à l'informatique. Les relations entre catégorisation des techniques, groupes professionnels et transformations des savoirs managériaux.* Thèse de doctorat soutenue à l'Université Paris-Ouest-Nanterre-La Défense, Nanterre.

Yates J. (1992). *Control Through Communications. The rise of system in American management.* Baltimore : The John Hopkins University Press.

Entretien avec Gérard Florin

Réalisé le 7 avril 2017
en présence de Cédric Neumann, Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard *(Cnam, HT2S)*.

Gérard Florin entre au Cnam en 1971 comme enseignant à l'IIE (Institut d'informatique d'entreprise), une école d'ingénieur en formation initiale créée au Cnam en 1968[1]. Il y devient responsable du laboratoire de calcul en 1974, jusqu'en 1984, puis professeur d'université en informatique en 1985. Acteur clé de l'histoire qui conduira à la mise en place du laboratoire de recherche Cédric, à partir de 1988, sa présence et ses contributions structurent aux côtés de Claude Kaiser et Stéphane Natkin, autres protagonistes de cette histoire, plusieurs décennies d'histoire de l'informatique dans l'établissement.

Au Cnam comme à l'échelle nationale, il n'y a pas, chez ces générations d'informaticiens ayant accompagné l'institutionnalisation de l'informatique, de parcours standard. Notre objectif, à travers cet entretien, est de retracer, depuis la formation initiale de Gérard Florin et de son entrée dans la discipline informatique, puis de son arrivée au Cnam, cette carrière construite au prisme de la légitimation d'un domaine scientifique et technique novateur. Nous nous intéressons ainsi à ses fonctions, son parcours, son implication mais nous souhaitons aussi sonder l'état de l'informatique en général dans le milieu de l'enseignement supérieur français.

Au sein du Cnam, Gérard Florin a un parcours de longue durée à l'ombre du système des chaires (il ne sera pas titulaire d'une chaire), et au carrefour des responsabilités d'enseignement du département Mathématiques-Informatique, des contraintes de gestion d'un laboratoire de calcul partagé entre tâches administratives, pédagogiques et de recherche. Il est un nœud central de la progressive institutionnalisation de l'informatique au Cnam, reposant sur le tissage de relations professionnelles et interpersonnelles, la collaboration autour de projets et de structures scientifiques et administratives, là où rien n'existait encore dans le périmètre des sciences informatiques.

1 L'IIE deviendra en 2006 un établissement public à caractère administratif rattaché à l'Université d'Évry-Val-d'Essonne, sous le nom de l'École nationale supérieure d'informatique pour l'industrie et l'entreprise.

L'entretien souligne particulièrement l'originalité du Cnam dans le paysage institutionnel français, qui a fait qu'un groupe d'informaticiens experts dans le domaine des systèmes – en particulier le système UNIX – sur une nouvelle génération de machines, les mini-ordinateurs a pu émerger dans ce contexte, en relation avec une communauté internationale en plein essor. Il montre également les tendances expérimentalistes du groupe, particulièrement incarnées par Gérard Florin : dans ses premières années au Cnam ce sont des expérimentations, relevant à la fois du bricolage et de l'innovation, qui sont le support de son activité de recherche, en premier lieu de sa thèse, avant qu'il ne bascule dans une informatique plus théorique. Florin, ainsi, incarne l'institutionnalisation de l'informatique, entre débrouilles, curiosité, application et montées en théorie.

Gérard Florin, merci de nous avoir rejoints au Cnam aujourd'hui. Afin d'entrer dans votre parcours, nous aimerions savoir tout simplement comment vous avez découvert l'informatique, et comment vous avez choisi cette voie dans vos études et pour votre profession.

J'ai vu pour la première fois un ordinateur à l'exposition universelle de Bruxelles en 1958, où je m'étais rendu par hasard. Au pavillon américain, il y avait une sorte de machine très éclairée derrière des vitrages. C'était comme quelque chose de féerique et des gens en blouse blanche se promenaient devant des alignements d'armoires de métal. C'était totalement incompréhensible, pour moi mais aussi pour la plupart des gens qui défilaient devant. Dans mon souvenir, je n'ai pas eu la moindre explication de ce qui se passait là. C'était seulement très étonnant, comme une image de la modernité. Je n'ai donc rien compris mais ça m'a un peu marqué. J'avais 11 ans. Puis, j'ai fait des études secondaires en banlieue parisienne. Mon père voulait que je sois médecin mais je voulais faire une carrière d'ingénieur. J'ai fait la prépa aux grandes écoles scientifiques au lycée Saint Louis, j'ai eu la chance d'être reçu à plusieurs grandes écoles dont l'École centrale. Après beaucoup d'hésitations, j'ai choisi en octobre 1968 d'intégrer l'ENS de Cachan, l'ENSET, qui était donc dédiée à l'enseignement technique[2]. J'ai

2 L'ENS de Cachan s'est appelée jusqu'en 1985 l'ENSET, École normale supérieure de l'enseignement technique.

été accueilli, dans le cadre de la section Mathématiques, par le Directeur de la section qui s'appelait M. Hirsch. Il me semble qu'il considérait que le nec plus ultra était de faire des maths, mais il m'a fait comprendre que comme je n'étais pas très bien classé ça l'arrangerait bien que j'aille dans une section Informatique nouvellement créée. Cependant il ne m'empêcherait pas de faire des maths si j'en avais vraiment la vocation. J'ai donc été placé face à un choix : faire des maths pures dans la prolongation des formations classiques et de la prépa, ou faire de l'informatique.

À l'automne, il y avait chaque année un salon de l'informatique appelé le SICOB[3] où les constructeurs d'équipements exposaient leur matériel. On y donnait beaucoup plus d'informations qu'à l'exposition universelle de 1958. À ce moment-là je ne savais pas du tout ce qu'était l'informatique, après une scolarité sans la moindre trace d'apprentissage dans le domaine ; je savais au mieux que ça servait à faire des asservissements en mécanique, du calcul ou de la gestion. On avait été formé à l'ancienne pour faire les calculs à la main, enfin avec la règle à calcul. On faisait les intégrations, on résolvait les équations différentielles, les systèmes d'équations point par point pendant des heures. Finalement, je n'ai pas eu tant d'informations que cela dans ce salon mais j'en suis sorti avec l'idée que l'informatique était un domaine jeune, en devenir. Soit je pouvais travailler après des milliers et des milliers de très bons chercheurs en maths qui produisaient depuis des millénaires. J'aurais eu beaucoup de concurrents brillantissimes. Soit je pouvais me diriger vers une science un peu jeune avec cette idée, qui m'a assez motivé, qu'il était encore possible pour un seul individu d'en faire le tour. En mathématiques il m'aurait fallu me spécialiser de manière très pointue et très rapidement dans un domaine. Cela me plaisait d'avoir encore accès à un certain universalisme, à l'idée d'être un scientifique ayant une vision assez large dans une discipline. J'ai donc choisi la filière informatique – ce qui ne m'a pas empêché de m'inscrire aussi en maîtrise de maths pures (que j'ai suivie aux deux tiers) en plus de la maîtrise Informatique. Cette formation complémentaire en maths m'a bien aidé par la suite avec des bases en algèbre, en logique modale, en analyse.

Est-ce que la maîtrise Informatique était organisée par Cachan ? Quels enseignants ont pu vous marquer ?

On n'était diplômé de rien à l'ENS. On allait à l'université pour avoir les diplômes, et l'ENS proposait seulement des cours complémentaires pour aider les élèves à aller plus loin dans leurs études. Le directeur de section faisait venir des vacataires qui enseignaient dans leur discipline. Ainsi j'ai eu des cours de logique, d'analyse numérique, d'électronique. Il y avait cette idée de liberté totale. On allait au

3 SICOB : le Salon des industries et du commerce de bureau réunissant les professionnels de la bureautique, informatique, télécommunications, qui s'est tenu annuellement de 1950 à 1990 (en particulier au CNIT à la Défense, après 1958).

cours si on en avait envie. Les cours intéressants faisaient recette, certains cours se vidaient vite et ils étaient arrêtés. Il y avait une confiance remarquable en ce que les élèves allaient faire.

En même temps j'ai passé ma maîtrise à l'Université Paris 6. L'ENSET envoyait les gens en maths pures à Orsay et les informaticiens à Paris. Orsay était en démarrage en informatique depuis quelques années alors qu'à Paris 6 il y avait une histoire assez longue depuis le début des années 1960. Vu de maintenant, les enseignements à Paris 6 étaient un peu improbables, c'est-à-dire très inégaux. Beaucoup de cours n'étaient pas vraiment préparés, quand l'enseignant se donnait la peine de venir. Le professeur Marcel Schützenberger, un très brillant spécialiste en théorie des langages arrivait en haut de l'escalier de descente dans l'amphi avec un très large sourire et disait : « *posez-moi des questions* ». Il attendait que quelques élèves lui suggèrent de quoi il allait bien pouvoir parler : ça embrayait doucement et à la fin il racontait des choses mais je n'ai pas accroché à ses enseignements. Certains profs racontaient ainsi chaque semaine la même chose si la question ramenait au même sujet que la semaine précédente. Les cours de Maurice Nivat, également en théorie des langages étaient un peu différents mais pas tellement préparés non plus. Je me souviens de le voir arriver en cours en disant qu'il voulait démontrer un théorème. Il énonçait une propriété complexe et il se lançait alors dans une improvisation de la preuve, suivant une voie qu'il jugeait après une demi-heure impossible. Alors il recommençait en suivant une autre voie et échouait encore. À la troisième tentative les deux heures étaient écoulées. C'était une sorte de travail de recherche devant environ 150 débutants qui s'accrochaient pour suivre les méandres d'une preuve qu'il fallait abandonner. Je ne me suis pas motivé pour faire de la recherche dans ce domaine. Mais il y avait aussi de bons enseignements. Je me souviens du cours de Michel Rocher, qui venant de l'industrie donnait un cours sur les systèmes de fichiers. C'était très structuré et très préparé. J'ai aussi eu [Jacques] Arsac en cours qui enseignait l'optimisation dans la programmation. Il prenait un petit problème de programmation et il le traitait en langage assembleur[4]. Son unique souci était de faire des programmes très efficaces. Il expliquait tout en réfléchissant comment programmer la boucle pour qu'elle aille le plus vite possible avec le moins d'instructions possibles. On apprenait ainsi un certain état de l'art de la programmation. On n'a plus idée d'optimiser actuellement parce qu'on peut gâcher la ressource processeur sans être pénalisé mais à l'époque on était très limité et cela avait un certain sens. Plus tard, Arsac a défendu l'idée de la programmation structurée. Il fallait faire des programmes fiables, maintenables, documentés… plutôt que très efficaces. Mais ça n'était pas encore sa préoccupation en 1969-1970.

4 Le langage assembleur est un langage de bas niveau, au plus proche du langage machine directement utilisé par le processeur.

À Cachan, comment s'était créée la section informatique ?

Je ne connais pas les détails mais c'est probablement grâce au directeur de l'École et en accord avec le Ministère. L'informatique commençait un peu à faire sentir son influence sur la société. Il y avait eu la bombe atomique française qui avait nécessité des calculateurs qui avaient été refusés par les Américains. Il y avait aussi des besoins en informatique de gestion. Des élèves avaient commencé individuellement à faire de l'informatique. Deux ans avant moi, un élève qui s'appelait Jean-Paul Alvarez avait de sa propre initiative fait une maîtrise d'Informatique et non de Maths. Il me semble qu'il est parti ensuite en Tunisie. L'année suivante il y a eu trois élèves de la section maths qui ont fait de l'informatique. Je me souviens de l'un d'eux qui est devenu assistant au Cnam avant moi. Mais il avait décidé aussi de faire sa médecine, ce qu'il a donc fait en plus de son boulot. Enfin, à partir de la rentrée 1968, l'école a orienté des élèves chaque année vers l'informatique. Il y en a eu dix-huit en 1968. Mais ça n'a pas duré. Après quelque temps le ministère s'est aperçu qu'il avait trop de professeurs techniques – peut-être en Physique, je ne me souviens plus. Il a donc pensé qu'on pouvait utiliser ces gens comme profs d'informatique et on a fermé la section informatique à l'ENSET. Je ne sais plus où on en est maintenant. Il est certain qu'un physicien peut faire un bon informaticien mais ce genre de décision technocratique a dû faire quand même pas mal de dégâts.

Est-ce que vous savez quelle était la situation de l'informatique à Ulm, autre grande école où il y avait beaucoup de liberté, et qui se distinguait particulièrement en mathématiques ?

Personnellement je n'ai pas eu de relations avec Ulm. Dans mon souvenir Ulm était très fondamentaliste, très maths pures dans le sillage du groupe Bourbaki dont certains membres étaient encore actifs. L'informatique a des aspects fondamentaux mais c'est, enfin je le pense, principalement une technique. Il me semble que l'informatique à Ulm est arrivée plus tard… Et encore, au départ, au travers de ses aspects algébriques. Un certain nombre de mes condisciples de Cachan ont enseigné à Ulm en informatique théorique, les aspects de théorie des langages par exemple. Je n'avais pas la compétence pour ce genre de cours. De toute façon, par goût personnel, j'étais plus tenté par l'analyse que par l'algèbre. À l'époque j'étais plus intéressé par l'analyse numérique que par les aspects algébriques. J'avais suivi à l'ENSET des cours de Glowinski qui travaillait, il me semble, avec Jacques-Louis Lions[5]. Finalement ce que j'ai fait de plus marqué en maths appliquées l'a été dans le domaine des probabilités, plus précisément des processus aléatoires – mais beaucoup plus tard, en thèse d'État.

5 Co-fondateur et directeur de l'INRIA (ex-IRIA) pendant un temps, Jacques-Louis Lions est un mathématicien reconnu et une personnalité éminente de la scène informatique française.

Quel était votre rapport aux machines ? Y avait-il des manuels de références ou autres ouvrages pour apprendre l'informatique sur ces machines ?

Dans le cadre des travaux pratiques d'étudiants, j'ai travaillé soit sur les machines de l'université, soit sur une machine achetée par l'ENSET, un IBM 1130 que j'ai vu arriver. Le 1130 était très disponible car il n'y avait pas beaucoup de monde qui l'utilisait et je pouvais faire facilement des expériences dessus. Les machines de l'université étaient à la disposition d'un grand nombre d'élèves et leur accès était très difficile. À l'époque on travaillait en traitement par lots (*batch processing*) : on préparait des programmes sur cartes perforées et on déposait le paquet de cartes pour un passage en machine. On récupérait plusieurs jours après, quand ça avait pu passer la liste de résultats. Le premier langage que j'ai appris a été l'ALGOL – on dit que le premier langage informatique pratiqué détermine la suite d'une carrière en informatique. On travaillait aussi un peu en temps partagé. Sur l'Elliott 4130, des enseignants avaient voulu développer un système d'exploitation en temps partagé, avec donc des consoles[6]. Ils voulaient démontrer leur capacité à faire un système d'exploitation de pointe, et avaient donc viré le système du constructeur. Le système de l'université était certainement beaucoup plus ambitieux que le système du constructeur qui faisait probablement de la simple informatique de gestion en Cobol. Malheureusement le nouveau système n'était pas au point. On était souvent obligé de rebooter la machine. Je me souviens avoir fait des séances où le système tenait quelques minutes avant de se planter. Il fallait donc relancer le système mais on perdait le travail en cours. On recommençait. Il fallait avoir des stratégies de sauvegarde incroyables pour arriver à faire quoi que ce soit. Alors, je préférais travailler à l'ENSET plutôt qu'à Paris 6.

Il y avait à l'époque très peu de livres d'informatique. Ça a bien changé, encore que les livres actuels ne sont pas souvent bons. La source principale dans mon souvenir était constituée par la documentation du constructeur. Si on travaillait sur une machine il fallait se procurer les brochures du constructeur pour le système, pour les langages comme le FORTRAN[7], le PL1, le COBOL etc. Ces brochures étaient une source essentielle pour travailler. Comme il y avait beaucoup trop d'élèves sur l'Elliott de l'université, le constructeur ne pouvait fournir tout le monde en brochures. Il n'avait pas prévu de sortir 300 ou 400 exemplaires de chaque par an et même de les vendre. On manquait de documen-

6 Une machine en « temps partagé » (*time-sharing*) est accessible de manière simultanée depuis plusieurs postes utilisateurs. Voir les textes de M. Bullynck et de C. Kaiser pour plus de détails dans le deuxième volume de ce numéro double.

7 Fortran (Formula Translation) est considéré comme le premier langage de programmation complet, orienté pour le calcul scientifique. Voir le texte de M. Bullynck, *op. cit.*

tation très gravement. Je préférais donc aller à l'ENSET faire mes projets car on avait accès facilement à la documentation complète de la machine. Dans mon souvenir la documentation d'IBM était sérieuse. Il restait quand même très difficile de comprendre beaucoup de points.

Quelle voie avez-vous prise après la maîtrise ? Vous êtes-vous dirigé vers la recherche ou vers l'industrie ?

En 1971, j'ai fait un DEA orienté systèmes. À l'époque les DEA étaient beaucoup moins bien organisés que maintenant. Dans mon souvenir le choix des options pratiques était assez large. J'ai fait un bon stage, sous la direction de M[me] Cazala dans la société Control Data[8], où j'ai appris pas mal de choses – notamment le Simula, un langage de simulation, qui était le premier langage à objet. C'était très formateur. Pour ce qui est des cours théoriques, c'était très inorganisé. Je n'ai souvenir aujourd'hui que d'un seul cours solide de deux heures dans la partie théorique.

Donc en DEA, je me suis orienté vers les systèmes informatiques. Pourquoi ? Peut-être parce que je n'avais pas accroché dans d'autres domaines mais il y a une autre raison. Dans ma section, un garçon s'était fait embaucher dans une société de services appelée TITN[9], pas très loin de Cachan, pour gagner de l'argent ; mais c'était aussi très formateur d'aller en entreprise. J'ai fait comme lui, et pendant l'année du DEA j'ai été embauché tout en restant à l'Ecole, parce qu'on était aussi salarié de l'ENS, on était payé en honoraires. À cette époque beaucoup ne terminaient pas leur maîtrise et allaient travailler dans l'industrie, avec un bon salaire, une secrétaire… Un informaticien était très recherché car il n'y avait pas beaucoup de diplômés. Je suis donc entré à TITN facilement et ils m'ont fait faire des pilotes de périphériques (en anglais des *drivers*), au cœur du système d'exploitation. Ils développaient du matériel à façon, des coupleurs, et il fallait faire un bout de logiciel pour intégrer ces coupleurs aux systèmes d'exploitation. J'ai donc vu de l'intérieur le problème et en particulier les superviseurs d'entrée-sortie. TITN recevait des commandes comme un système d'acquisition de détection sismique. J'avais travaillé sur le logiciel de pilotage des capteurs de données. J'ai aussi travaillé sur un icophone, un appareil de synthèse vocale qu'il fallait piloter avec différents générateurs de fréquence ; l'appareil récitait *Le Corbeau et le Renard*. J'ai aussi travaillé sur un multiplexeur de terminaux pour la marine à la base navale de

8 Control Data Corporation est un constructeur américain d'ordinateurs, créé en 1957. C'est le fabricant du CDC6600 mentionné ensuite, un supercalculateur de référence à l'époque.

9 TITN est la société de Traitement de l'information et techniques nouvelles, petite société d'ingénierie dirigée par Claude Guignard. Le groupe de recherche Systèmes, à laquelle prend part G. Florin initie des contrats avec TITN, notamment sur le projet SESORI, dès la deuxième moitié des années 1970. Voir l'article de C. Paloque-Berges et L. Petitgirard dans ce même volume.

Toulon. Sur ces missions, on travaillait un ou deux mois. À l'époque les informaticiens des sociétés de services travaillaient sur les machines la nuit. J'étais un peu fou : le jour je suivais théoriquement le DEA (en fait je dormais un peu), le soir je faisais les TD de la maîtrise de Paris 6 de 18h à 20h (des TD organisés pour les élèves déjà embauchés), puis je bossais sur des machines la nuit pour TITN. Les machines étaient réservées aux gens de l'entreprise en temps ouvrable (9h-18h) et les sociétés de services comme TITN pouvaient développer les contrats la nuit. À la marine à Toulon, à Orsay à l'institut de physique du globe je travaillais la nuit et je dormais le jour. Le week-end je jouais dans un orchestre de jazz. Quand on est jeune, on veut tout faire à la fois. Alors on ne fait pas forcément les choses très bien.

Il s'est passé un truc bizarre cette année-là. Après mai 1968, l'université se mettait facilement en grève, presque trois ou quatre mois tous les ans. L'université s'est mise en grève de février à juin et ils ont bloqué le gros ordinateur de physique, qui était le Control Data 6600 de l'IN2P3[10]. Mais ils ont laissé l'entretien aux techniciens de Control Data car ils ne voulaient pas de dégradation. J'étais en stage Control Data avec Claire Cazala, donc considéré comme un technicien de Control Data. Pendant la grève j'avais accès à la machine toute la journée pour moi tout seul (si je ne dormais pas). C'était une machine très chère, puissante et d'un très bon niveau à l'époque. J'ai fait comme projet pratique de DEA un simulateur d'accès disques en Simula. Les résultats de la simulation n'ont pas été historiques mais j'ai pu comprendre ce langage qui n'était défini que depuis 1967 et était intellectuellement passionnant, ainsi que le pupitrage de cette machine, l'installation des logiciels fournis par le constructeur. À l'époque j'étais assez idéaliste. Je croyais que dans l'industrie tout se passait idéalement. Mais, recevant une bande de Control Data avec un logiciel énorme dessus j'ai vu que la compilation générait une multitude d'erreurs même des erreurs syntaxiques grossières. Il fallait y aller à l'énergie et commencer par « déverminer » le programme si on voulait s'en servir.

À propos des manifestations de la fin des années 1960 : à la même époque aux États-Unis, des mouvements de contestation utilisaient l'ordinateur comme un symbole de pouvoir à contester – les mouvements libertaires à Berkeley par exemple[11]. Avez-vous constaté des mouvements similaires

10 IN2P3 : Institut national de physique nucléaire et de physique des particules, un institut du CNRS, créé en 1971, rassemblant plusieurs laboratoires répartis en France. Ici il est probablement fait référence au calculateur du Laboratoire de physique nucléaire et des hautes énergies (LPNHE) à Jussieu (qui entrera dans l'IN2P3).

11 L'historien des médias Fred Turner revient largement sur ces mouvements contestataires et libertaires qui croisent les débuts de l'informatique et des réseaux (Turner, 2012).

en France ? Les informaticiens autour de vous évoluaient-ils dans ces milieux protestataires ?

Je n'en ai pas souvenir. Au contraire il y avait un respect des grévistes pour la machine, car ils ne voulaient pas qu'on les accuse de détruire quoi que ce soit. Politiquement, l'existence de casseurs est récupérée contre les manifestants. Donc ils voulaient que la machine reste sous l'autorité du constructeur. Il y avait certainement encore quelques casseurs mais la période où on brûlait des voitures et sciait les arbres boulevard Saint-Michel était dépassée. L'état d'esprit général, après 68, faisait que beaucoup de monde était gauchiste à l'université. Ils se déchiraient entre trotskistes et maoïstes mais je ne me souviens pas de mouvements de contestation de l'informatique. En 1968, j'ai été frappé par l'impuissance du mouvement. Les débats à n'en plus finir étaient assez incroyablement stériles. Au théâtre de l'Odéon par exemple où je suis allé plusieurs fois, on débattait en continu toute la journée et le soir mais dans mon souvenir il n'en sortait pas grand-chose. J'étais assez à gauche mais je trouvais beaucoup de choses ridicules. Ça n'a pas débouché sur des changements au niveau politique, seulement quelques changements sociaux. Pour la politisation des questions informatiques c'était beaucoup trop tôt. À l'époque, ni le grand public ni les gauchistes ne s'intéressaient à l'informatique. Personne ne parlait d'informatique, personne n'avait un bouquin d'informatique en main dans le métro. C'était une question pour quelques spécialistes.

Et à partir de là, vous vous êtes dirigé vers le Cnam. Comment cela s'est-il passé ? Y connaissiez-vous du monde ?

Après le DEA, j'aurai pu continuer à l'ENS en 4e et 5e années. J'ai voulu entrer dans la vie active rapidement. J'avais entendu parler d'un poste d'assistant au Cnam par quelqu'un qui ne l'avait pas pris, et c'est comme ça que je suis arrivé. À ce moment-là candidater sur les postes en informatique était facile. En 1971, à la rentrée, il y a eu environ vingt postes d'assistants en informatique publiés à Paris 6 pour faire face à la montée des effectifs élèves. Il y avait à peine plus de candidats que de postes. J'aurais été pris à Paris 6 facilement, parce que j'avais bien réussi un examen. Mais je n'ai pas voulu y aller, parce que j'avais un mauvais souvenir de l'ambiance dans cette fac, alors qu'au Cnam je pensais que ce serait plus structuré. Évidemment le niveau en informatique au Cnam n'était pas le même mais ça m'a donné une trajectoire différente. J'ai pris du retard en termes de carrière sur les gens nommés à la fac et qui ont fait rapidement des thèses. J'ai soutenu mon doctorat de troisième cycle deux ou trois ans après mes collègues qui avaient pris des postes à Paris 6. Mais j'ai eu des possibilités différentes.

Alexis Hocquenghem [chaire de Mathématiques appliquées au Cnam depuis 1951] était le patron du département Mathématiques-Informatique qui comprenait des enseignements de cours

du soir et une école d'ingénieur. J'ai été recruté pour enseigner à l'école d'ingénieur, l'IIE [Institut d'Informatique d'Entreprise] et donc pour y faire des cours du jour. Le responsable de l'école, Étienne Pichat, venait d'être nommé pour s'occuper de cette école créée en 1968 à l'initiative de Paul Namian, principal professeur d'informatique. La première promotion sortait quand je suis arrivé. Les élèves de la première promotion avaient été recrutés sur dossier, c'était une bande de fortes personnalités. Bruno France-Lanord, qui en faisait partie, est encore au Cnam au département d'économie.

J'ai commencé par faire des cours d'informatique générale : structure des ordinateurs, logiciels de base… La charge n'était pas élevée à l'époque, environ 125 heures. Pichat pensait qu'il ne fallait pas embêter les jeunes recrues, car ils devaient préparer leurs premiers cours et faire de la recherche. J'ai dû faire seulement 100 heures. J'ai été pendant trois ans en poste à l'IIE, et en même temps j'ai commencé à faire une thèse de troisième cycle. Il me fallait un sujet, donc je suis allé traîner au labo de calcul au sous-sol du bâtiment 17[12]. Il y avait là l'informatique du Cnam. Essentiellement un IBM 360/30 pour les passages machines des élèves et la gestion du Cnam (engagement, comptabilité, paye). Il y avait eu un Cab 500 qui ne tournait plus, et aussi un Bull Gamma tambour, dont les gens parlaient encore alors qu'il avait disparu. Mais le Cab 500 était encore là. Il ne servait plus. Il faisait un bruit d'enfer quand on l'allumait.

Pendant trois ans, donc, j'ai plutôt été un utilisateur du centre de calcul. En 1972, je crois, ils ont acheté une nouvelle machine anglaise, le Modular one. Je ne sais pas pourquoi celle-ci plutôt qu'une autre. Au moins elle était relativement peu chère, ente 300 et 400 000 francs de l'époque je crois. Le 360/30[13], acheté vers 1968-1969, avait coûté beaucoup plus que ça (de l'ordre de deux millions, peut-être). Pour le 360-30 le Cnam avait réussi à faire débloquer au ministère un crédit important pour un équipement significatif. Le Modular était une machine 16 bits de la classe des mini-ordinateurs avec une architecture matérielle modulaire intéressante. Le système d'exploitation était écrit en langage évolué (en BCPL). Mais il y avait un inconvénient majeur : peut-être pour protéger sa technologie, le constructeur ne fournissait presque pas de documentation. L'accès aux logiciels systèmes était très très difficile voire impossible tant il était fermé.

Finalement, que faire de ces deux machines ? Il m'est venu l'idée de connecter les machines en réseau. Le réseau était quelque chose de pratiquement inexistant à l'époque, donc c'était un projet de recherche. Après avoir envisagé plusieurs solutions, j'ai opté pour une

12 Voir l'article de Paloque-Berges et Petitgirard, ainsi que l'entretien avec Viviane Gal dans ce même volume.

13 L'article de Neumann, Petitgirard & Paloque-Berges (2016) revient sur l'équipement en machines dans l'histoire de l'informatique au Cnam, ainsi que l'introduction du deuxième volume de ce double numéro.

solution dite « de canal à canal », c'est-à-dire une liaison en parallèle mettant les deux bus d'entrée-sortie en relation. La communication aurait ainsi le débit le plus élevé possible parce que les machines n'étaient distantes que de quelques mètres. Une « liaison série » qui aurait été possible aussi, aurait eu un débit très bas (par exemple de 10/30 caractères par seconde en mode asynchrone télétype). Il fallait donc faire un coupleur canal à canal spécifique, c'est-à-dire de l'électronique alors que je n'avais développé que du logiciel jusque-là. Comme je n'avais pas la compétence pour faire une carte dédiée à la fonction de couplage, l'idée a été d'acheter une machine spécialisée pour fabriquer du matériel spécifique par programmation. Une machine 1-bit était fabriquée par les Anglais. On sélectionnait 1 bit d'entrée, et on pouvait écrire une instruction concernant ce bit comme opérande en entrée et en sortie. On pouvait ainsi gérer les deux interfaces parallèles avec tous leurs signaux (données, validations, mots d'état, interruptions) et développer le coupleur sans avoir à faire une carte avec transistors, résistances et capacités. Donc on pouvait développer du matériel (*hardware)* par le biais de programmes. C'était assez voisin de la démarche de la microprogrammation dans les processeurs. Ça a été repris ensuite sous des formes variées[14]. Il y a actuellement surtout des processeurs 1-bit qui servent à faire de la télécommunication en gérant des signaux en télécom. C'était donc un peu précurseur. Il suffisait de connecter d'un côté l'interface d'une sortie du canal multiplex du 360 et de l'autre côté l'interface du bus d'entrée sortie du Modular One, puis d'adapter par un programme en langage de type assembleur. Le laboratoire d'informatique a donc financé ce dispositif qui a servi pour ma thèse. Il a quand même servi ultérieurement en exploitation.

Ensuite je devais développer le logiciel qui allait gérer cela sur les deux machines. Il aurait été normal de garder les systèmes d'exploitation des deux machines et d'y faire des modifications pour supporter la nouvelle liaison mais ça n'était pas simple. Il n'était pas facile de rentrer dans le système exploitation IBM pour en avoir les sources, les recompiler pour changer le noyau. C'était peut-être faisable mais je n'ai pas su comment faire… Pour le système du Modular One c'était pire puisqu'aucune facilité n'était offerte pour ce travail. Du coup j'ai décidé de refaire tout en « machine nue », c'est-à-dire en supprimant les systèmes d'exploitation. Cela m'a donné l'expérience d'écrire deux fois un démarrage de système en « machine nue » sur ces deux machines différentes. J'ai écrit un petit superviseur d'entrée-sortie avec des pilotes de la console, pour les disques, pour mon coupleur… Puis un petit exécutif de requêtes pour commencer à avoir quelques fonctions système par exemple pour la mise au point et surtout pour le transfert de fichiers, qui était le but poursuivi, tout cela sur les deux machines IBM et Modular One. Ça m'a pris très

14 Circuit intégré ASIC « Application-specific integrated circuit ».

longtemps. J'ai été aidé par deux personnes. Tout d'abord, un technicien électronique qui m'a aidé sur les problèmes du matériel, et m'a permis de réparer une panne sur le coupleur – Guy Chemla, qui était électronicien à l'origine. Ensuite, Humberto Caria Lucas, qui était l'ingénieur système du Modular One avec qui j'ai beaucoup travaillé sur le développement logiciel. Tout ceci m'a permis de passer en 1975 mon doctorat de troisième cycle à Paris 6, qui a été considéré comme une thèse très appliquée, de bidouilleur. Maintenant on fait des thèses avec beaucoup de programmation sans choquer les jurys, alors qu'à l'époque il fallait plutôt faire de l'abstraction pour être reconnu comme un vrai chercheur. Dans mon cas, c'était une thèse de développement, il n'y avait pas d'abstraction. J'ai fait ça tout seul : pas de directeur de thèse, pas d'encadrement, comme pour mon doctorat d'État plus tard. Ce qui était drôle, c'est que les deux professeurs de Paris 6 dans le jury, Claude Giraud et Roger Dupuis, m'ont donné des conseils opposés au moment de la soutenance concernant la rédaction. Ils avaient des points de vue diamétralement opposés ; au final j'ai donc fait ce que je voulais.

Est-ce que cette thèse aurait pu se faire dans un autre lieu que le Cnam ?

Le Cnam offrait probablement un milieu assez appliqué et donc favorable à ce genre de travail. Mais à Paris 6 il y avait aussi des travaux appliqués qui ont donné lieu à des thèses. Mais quand même, ils étaient à cette époque très complexés par rapport aux maths pures. Ils auraient bien aimé que l'informatique se pose en science dure avec un formalisme analogue à ce qu'on pouvait faire en maths. Les thèses appliquées apparaissaient comme des travaux d'ingénieurs pas très sérieux, mais on pouvait quand même les soutenir.

Après la soutenance Claude Giraud en avait retenu l'idée que j'étais un bricoleur, un type qui s'accomplissait en faisant des programmes de grande taille. Il m'a donc conseillé de faire de la théorie en thèse d'État dans l'optique d'une informatique fondamentale. Et je lui en ai donné parce que j'ai commencé à faire de la théorie des processus aléatoires en sûreté de fonctionnement et en évaluation de performance en mariant la notion de réseau de Petri et de réseau de files d'attente… Cela m'a amené à m'éloigner du domaine des systèmes et des réseaux appliqués.

Pour revenir sur cette thèse de troisième cycle : comment avez-vous choisi le sujet ? Étiez-vous déjà au courant des recherches sur les réseaux aux États-Unis ?

Non, et j'aurais probablement dû faire plus de bibliographies sur le sujet… À l'époque la bibliographie était beaucoup moins développée et beaucoup moins disponible que maintenant. J'aurais peut-être gagné à utiliser les travaux de Léonard Kleinrock, que j'avais entendu en confé-

rence (sur la commutation par paquets par exemple). On connaissait surtout les protocoles de liaison série, comme les protocoles asynchrones caractères, ou les BSC[15] synchrones d'IBM pour gérer les terminaux. Ça s'arrêtait là. Avant 1974, les réseaux étaient réduits aux couches liaison. Il n'y avait pas de réseaux locaux, pas d'Ethernet (l'article fondateur date de 1974). La commutation de paquet était à l'étude avec le réseau ARPA dès 1969 mais je n'étais pas au courant. Mon optique n'était pas de faire une liaison de machines en mode série ou de faire de la commutation, mais de travailler sur les connexions de point à point en mode parallèle, puisque mon problème se présentait comme ça. J'avais quand même une excuse, en ceci que le sujet était vraiment neuf, et non pas construit sur un édifice important de connaissances.

Il faut ajouter qu'il y avait aussi un besoin du Cnam : il existait au service d'engagement des dépenses une machine mécanographique qui générait des rubans perforés. C'était la seule sortie possible, mais ils voulaient que les données puissent passer sur le 360/30, pour faire des programmes en Cobol et sortir des résultats plus valorisés que sur la machine mécanographique. En gros, ils voulaient une communication entre cette machine mécanographique du service financier et le 360. Le Modular One avait un bon lecteur de rubans perforé, et le 360 avait des bandes magnétiques. Mon travail a donc permis de faire des bandes magnétiques avec des rubans perforés puisque j'ai développé un transfert de fichiers entre les machines. Ça a servi pas mal d'années jusqu'à l'abandon de la comptabilité d'engagement sur cette machine mécanographique devenue obsolète.

Comment le problème avait-il été formulé ? On a du mal à imaginer aujourd'hui comment un problème de comptabilité pratique dans un service administratif peut aboutir à une recherche expérimentale en sciences informatiques.

Le laboratoire de calcul faisait à la fois les travaux de paie et les travaux d'élèves et des travaux de recherche. On passait des heures de traitements sur des programmes de gestion. Les gens des services centraux qui faisaient de l'informatique de gestion étaient dans le laboratoire de calcul et on les connaissait bien. Martine Speybrook maintenait le logiciel de paie, donc on lui parlait souvent. Je discutais souvent avec M^me^ Paquie, cheffe du service financier, ou encore avec l'agent comptable M. Morand… On a dû me parler du besoin et j'ai dû penser que je pourrais trouver une solution avec ma liaison entre ordinateurs.

Arrêtons-nous sur le statut et le nom de ce « laboratoire » : il a été appelé centre de calcul, puis laboratoire d'informatique, et desservait aussi bien l'administration

15 Le BSC « Binary Synchronous Communication » est un protocole de gestion de terminaux IBM.

que les enseignements, puis la recherche en informatique. Quel rôle ont joué, dans la définition de ce service, les disputes au tournant des années 1970 pour en obtenir l'autorité, entre Alexis Hocquenghem de la chaire de Mathématiques appliquées, Paul Namian de la chaire de Machines mathématiques, et François-Henri Raymond de la chaire de Programmation ? Quelles responsabilités y avez-vous pris ?

Les disputes n'ont pas été si importantes que ça pour la vie du laboratoire. Elles se passaient surtout dans les réunions des conseils. Namian piquait une colère et claquait le couvercle de sa mallette avant de sortir avec fracas. Tant qu'Hocquenghem a été patron du laboratoire, il a tout régenté. Puis Raymond ayant été nommé, c'est à lui que Hocquenghem a transmis les pouvoirs. Hocquenghem était un homme assez remarquable, très supérieurement intelligent. Il avait eu des résultats importants en théorie des codes. Il était officiellement le directeur du laboratoire, mais il y avait un sous-directeur de laboratoire, un poste particulier au Cnam, qui faisait opérationnellement marcher la structure en administrant la gestion du personnel, les commandes, les horaires des machines. C'était un travail prenant, à temps plein. C'est Hocquenghem qui avait certainement obtenu le crédit pour acheter le 360/30. Sans trop le montrer, il était certainement assez politique. Il me semble qu'il avait refusé une charge assez importante au ministère sur la gestion de la politique informatique. Ce genre de rôle ne l'intéressait certainement pas. Je le regrettais car je pensais qu'il aurait pu aider le Cnam.

À mon arrivée au Cnam en 1971, Claude Delobel était sous-directeur du laboratoire, sous la direction d'Hocquenghem. Delobel a fait ensuite une brillante carrière à l'Université de Grenoble ou il est devenu professeur et s'est spécialisé dans les bases de données. Je mangeais souvent avec lui à la cantine, et c'est probablement par ce genre de contact que j'ai glissé vers le laboratoire. Hocquenghem, qui avait fait la rue d'Ulm, avait un bon copain de promotion qui était devenu directeur scientifique d'IBM France. Donc il avait de très bonnes relations avec IBM. Chaque année IBM mettait à la disposition de quelques chercheurs des bourses dans ses centres de recherche, en particulier à San Jose en Californie. Très vite après mon arrivée, en 1972-1973, Delobel a profité d'un an de recherche aux États-Unis. Il a disparu et n'est jamais revenu. Ayant passé un an là-bas, il a pris connaissance des techniques de bases de données relationnelles qui étaient en train d'apparaître. Il a développé des travaux autour de l'approche relationnelle et a mis ça en forme dans une thèse d'État soutenue à son retour. Il a fait une opération efficace : en un an et demi il est devenu docteur *ès* sciences. Il a prouvé ensuite que ce n'était pas usurpé. Il a été remplacé au laboratoire de calcul par un maître-assistant, Alain Cabanes, qui était enseignant à l'IIE. Et très vite il a fait la même chose que Delobel : il a pris une bourse d'un an, mais à Namur, puis n'est pas revenu.

En 1974, personne ne s'occupait plus du centre de calcul. Moi je traînais sans arrêt dans les couloirs, donc Hocquenghem m'a demandé d'être sous-directeur de labo. J'avais 27 ans et je n'étais qu'assistant. Le poste n'était pas officiellement libre parce que Cabanes ne l'avait pas encore libéré. Entre quinze et vingt personnes y travaillaient, et il y avait pas mal de responsabilités : faire passer la gestion du Cnam, les travaux étudiants, alors qu'il y avait déjà beaucoup d'effectifs, gérer le personnel turbulent… Pourquoi ai-je pris cette responsabilité ? La jeunesse, l'envie d'avoir une nouvelle expérience dans le fonctionnement administratif.

Ce moment a été le début pour moi d'une deuxième période au Cnam après avoir été enseignant à l'IIE : j'ai passé neuf ans (jusqu'en 1983-1984) responsable du laboratoire de calcul. Cabanes n'a pas rendu son poste pendant longtemps. Il est devenu responsable des études de l'IIE après le départ d'Étienne Pichat comme professeur d'université à Lyon. Après ma thèse de troisième cycle j'ai eu un poste de maître-assistant sur lequel je suis resté huit ou neuf ans avec une indemnité compensant la différence de salaire entre ce poste et celui de sous-directeur de laboratoire. Puis un poste de professeur des universités a été retransformé en poste de sous-directeur du laboratoire. Alain Cabanes est devenu directeur de l'IIE et il a finalement obtenu une promotion en titulaire de chaire du Cnam (à la Chaire d'Informatique appliquée, en 1985). Il s'était spécialisé en bases de données, le même domaine que Claude Delobel. Il s'est occupé à un moment de réécrire totalement le logiciel de scolarité du Cnam avec deux ou trois programmeurs, quand Laurent Bloch est arrivé (en 1988).

À partir de votre arrivée au laboratoire jusqu'à la fin des années 1970, pouvez-vous nous parler de la politique d'acquisition du laboratoire informatique en matière de machines ? Localement, des premières expérimentations ont lieu au laboratoire dans une perspective de recherche, et se profile un groupe de recherche, au départ informel.

C'est l'arrivée de Claude Kaiser qui a dynamisé après 1975 la recherche en informatique au Cnam, surtout dans le domaine des systèmes[16]. Il venait de l'IRIA et avait fait avec Sacha Krakowiak et d'autres de beaux travaux sur la synchronisation dans les systèmes dans le cadre du système ÉSOPE. Les projets à l'IRIA[17] ont une fin, donc il fallait qu'il relance un autre projet après ÉSOPE. Il avait relancé quelque chose sur la protection dans les systèmes d'exploitation. L'équipe a travaillé sur les machines à anneaux et à capacité mais seulement pendant un an ou deux après la fin d'ÉSOPE. On incitait les chercheurs IRIA à prendre des postes en université. Donc

16 Voir l'entretien avec Claude Kaiser, « "J'ai eu une carrière à l'envers" » (Petitgirard, Neumann & Paloque-Berges, 2016) ; ainsi que l'article Paloque-Berges et Petitgirard dans ce même volume.

17 Ancien nom de l'INRIA jusqu'en 1979.

Claude Kaiser est arrivé au Cnam comme professeur des universités. Contrairement à beaucoup au Cnam, lui avait vraiment un point de vue recherche. Comme il était spécialiste en systèmes et que moi j'avais fait des développements dans le domaine, avec Humberto Caria Lucas, on était déjà au moins trois personnes à vouloir s'occuper du sujet. On a formé un petit noyau autour de Kaiser, on a fait des séminaires, un travail de recherche à peu près normal, on a lu des articles pour se les présenter mutuellement. C'était une espèce de veille technologique, en marge de mon travail au laboratoire d'informatique. D'autres se sont joints au groupe. Citons Bernard Martin, ou Jean Christophe Hanout qui étaient ingénieurs CNRS au laboratoire d'informatique.

J'ai toujours pensé, et déjà à l'époque, qu'il fallait que ce soit un enseignant qui maîtrise les moyens de calcul du Cnam pour faire une politique d'équipement utile aux enseignements et recherches. Bien sûr il fallait se préoccuper aussi de faire fonctionner des calculateurs opérationnels pour les tâches de production – mais surtout pas uniquement de cela. À l'époque, les ordinateurs étaient très coûteux et on ne pouvait pas financer à la fois des machines originales pour l'enseignement et la recherche et des machines de production. Cette situation a eu un écho dans cette maison jusqu'à la fin des années 1990.

Dans la tradition du vieux Cnam, les titulaires de chaire avaient beaucoup de prestige scientifique. Il y avait plusieurs membres de l'Académie des sciences dans le collège des professeurs. Leur préoccupation première était de faire avancer les sciences et les techniques et plus accessoirement de faire marcher la maison administrativement. Des directeurs comme Paul Guérin, au moment de ma prise de fonction, qui est malheureusement décédé très vite, et le directeur adjoint Jean-Louis Devaux, avaient je crois cet état d'esprit. Ensuite, il y a eu une succession de directeurs ; mais un directeur adjoint, Charles Dahan, a assuré la permanence d'un bon état d'esprit.

Par contre je suis arrivé pendant une mauvaise période pour ce qui est de la politique universitaire et de la dotation des crédits à l'université au niveau de l'État. 1974-1981 correspond au septennat de Valéry Giscard d'Estaing et est marqué par le ministère d'Alice Saunier-Seïté, secrétaire d'État de l'Enseignement supérieur. Une sorte d'éteignoir a été mis sur l'université pendant cette période. L'université était considérée comme un repaire de trublions soixante-huitards qui dérangeaient la bonne marche de l'État. Pendant toute cette période, on n'a pas eu de crédits nouveaux ni de créations de postes… Les machines ont vieilli. Je faisais des plans pour des éventuelles améliorations, mais les équipements qu'on voulait acheter avaient des prix extravagants pour les budgets du Cnam. La situation n'a pu évoluer que sur les budgets propres du Cnam.

Quand est-ce que sont arrivés les contrats de recherche avec la CERCI

et les autres sociétés de services ? Quels sont vos rapports à l'industrie en termes de service, d'échange d'ingénieurs ? Comment cela a-t-il évolué entre les années 1970 et 1980 ?

Entre les années 1970 et 1980 il ne s'est pas passé grand-chose pour ce qui me concerne. Quelques industriels passaient sur l'IBM 360/30. Une entreprise comme la CERCO faisait des calculs d'optique pour dimensionner des dispositifs d'optique. Le laboratoire de calcul était donc dans ce cas un service prestataire de calcul, ce qui le finançait un peu.

Personnellement, j'ai eu des relations avec les sociétés de services TITN, parce que j'avais travaillé pour eux en 1971. Avec la CERCI, une entreprise du groupe Schneider, nous avons collaboré avec Stéphane Natkin mais plutôt dans les années 1980-1990 et en relation avec les travaux de sûreté de fonctionnement. C'est à ce moment que les contrats de recherche et la collaboration industrielle se sont vraiment développés.

Théoriquement les professeurs de chaire devaient venir de l'industrie et apporter des contacts industriels. Dans les années 1970, Alexis Hocquenghem, qui ne venait pas de l'industrie, nous apportait de bonnes relations avec IBM, installé tout près rue Réaumur. On allait souvent chez eux écouter des conférences suivre des formations… Paul Namian avait été ingénieur architecte de la CAB 500 à la SEA de François-Henri Raymond. Je ne me souviens pas que Paul Namian ait apporté des contacts industriels au Cnam. Raymond lui-même est devenu professeur de chaire, mais je ne me souviens pas qu'il ait cherché à utiliser ses très nombreuses relations industrielles pour le Cnam. Je crois que l'industrie ne l'intéressait plus en 1980. Il pensait que les pratiques en informatique étaient trop empiriques. Il voulait terminer sa carrière en fondant l'informatique sur des bases théoriques irréprochables, en créant une théorie algébrique de la programmation. Il avait adopté une approche fonctionnelle et a tracté sa théorie pendant plusieurs années. Je l'ai écouté plusieurs fois présenter ses travaux sans pouvoir adhérer à sa démarche. Je ne suis pas spécialiste de ces approches mais il me semble qu'il n'a pas réussi à convaincre les experts avec sa théorie des fonctions.

Dans cette période, vous avez formé des ingénieurs, avec beaucoup de mémoires du Cnam et de l'IIE [Institut d'Informatique d'Entreprise]. Vous souvenez-vous combien de personnes étaient formées par an ?

Personnellement pour moi ça s'est passé en deux temps. Au début de ma période de direction du laboratoire il y avait encore peu d'ingénieurs du Cnam en formation. Les conventions Fongecif n'existaient pas. Il y avait peut-être entre une et trois personnes en permanence au laboratoire, mais j'en dirigeais peu personnellement. Je me souviens avoir rencontré Stéphane Natkin au laboratoire d'informatique, peut-être vers 1976-1977,

et j'ai dirigé ensuite son mémoire d'ingénieur Cnam. C'était différent à l'IIE, car les étudiants étaient en formation initiale d'ingénieur[18] avec un mémoire à faire en 3e année en six mois – beaucoup plus court que le mémoire Cnam mais les effectifs étaient plus importants. Ayant été sélectionnés sur concours de maths spé, ils étaient assez brillants.

Le diplôme d'ingénieur Cnam a pris une extension considérable après les années 1970. On a donc dirigé plus de mémoires et de thèses à la fin des années 1980, puis 1990 et 2000. Mais je n'ai pas l'impression qu'on soit devenu pour autant une usine à diplômes. J'encadrais seulement un ou deux mémoires et une ou deux thèses à la fois. Cependant comme beaucoup d'enseignants faisaient le même encadrement, finalement il y avait un manque de place dans les locaux pour accueillir correctement tous ces Fongecif, IIE et doctorants. Pour les enseignants de l'accès 17 il y avait bien 15 à 20 stagiaires en permanence. C'était très loin de collègues d'université dont on disait qu'ils encadraient chacun 50 doctorants inscrits sous leur direction.

Vous avez évoqué les bonnes relations avec IBM grâce à Hocquenghem. IBM étant américain, y avait-il des contraintes politiques pour l'acquisition de l'IBM 360 qui avait été acheté à la fin des années 1960, au cœur du Plan Calcul et de sa politique préférentielle en matière d'équipement informatique ?

J'avais beaucoup négocié avec le commercial d'IBM. Il n'y avait quasiment pas de 360 puis ensuite de 370 à l'université (sauf au Cnam et dans les centres de calcul communs du CNRS comme le CIRCE à Orsay). C'était à cause de la politique préférentielle qui interdisait l'achat de matériels non français. L'IBM du Cnam avait pu être acheté en 1969 avant l'entrée en vigueur complète de la politique préférentielle. Les machines du CNRS étaient là parce qu'il fallait quand même acquérir de bons systèmes pour la recherche en France. IBM faisait à l'époque de bonnes machines en temps partagé avec l'OS-MVS ou avec le système CP/CMS, sorti sous le nom VM/CMS[19], un système en machine virtuelle, qui permettait de faire tourner plusieurs systèmes d'exploitation en parallèle sur une même machine. Mais il était difficile d'en acheter, notamment parce que pour faire tourner ce niveau de système il fallait des matériels complexes et donc beaucoup d'argent. J'ai aussi prospecté d'autres systèmes comme les machines Burroughs, les architectures avec le jeu d'instruction du GE645 qui tournaient Multics, mais c'était trop cher aussi, même si Bull après un rachat s'est mis à commercialiser Multics qui est donc

18 Et non en formation continue, comme dans la majorité des enseignements au Cnam.

19 Virtual Machine/Conversation monitor system (VM/CMS) est une famille de systèmes d'exploitation IBM. Control program (CP/CMS) est un système d'exploitation, en temps partagé. Voir les articles de M. Bullynck et de C. Kaiser dans le deuxième volume de ce double numéro pour des compléments.

devenu achetable. En résumé la politique préférentielle était un frein majeur pour l'équipement des universités et les coûts très élevés des grands systèmes dans une période de vaches maigres bloquaient beaucoup de projets.

À cette période apparaît un nouveau marché avec les mini-ordinateurs qui coûtaient moins cher.

Les mini-ordinateurs coûtaient de l'ordre de 500 000 à un million de francs (selon la configuration) contre 4 ou 5 millions pour les grands systèmes. C'est ce qu'on allait pouvoir peut-être acheter. Mais il y avait quand même un problème à ce niveau de prix. Il fallait acquérir une machine ayant de bons systèmes d'exploitation : un système temps partagé, avec de bons logiciels de base (interpréteur de commandes, compilateurs, systèmes de fichier et de bases de données) pour faire des TP de bon niveau et aussi des expérimentations en recherche. Ce n'était pas encore souvent disponible sur la gamme des mini-ordinateurs. Le constructeur national, Bull, champion de la politique préférentielle, avait une gamme compliquée avec les Mitra, les Solars puis les Mini 6. Ces machines avaient des qualités diverses mais aucune ne répondait vraiment à notre demande d'un logiciel de base très large. Le système qu'on aurait accepté était Multics[20], mais il ne tournait que sur une machine haut de gamme. Donc pendant plusieurs années en gros, de 1974 à 1978 on ne pouvait pas se rééquiper. Ça a abouti à des grèves : il y avait un malaise chez les techniciens du laboratoire soutenus par une grosse partie des enseignants. Par exemple, il fallait « pupitrer »[21] la nuit pour écouler tous les traitements par lots, or c'est difficile de faire travailler les employés la nuit. On a donc donné des primes aux opérateurs, primes qui étaient financées par des contrats d'une « association boîte aux lettres », l'ADETAM. De toute façon les postes n'étaient pas en rapport avec les fonctions. Il y a eu deux grèves assez dures de quinze jours/trois semaines que j'ai dû gérer. Les grévistes ont bloqué la paie [qui était traitée sur le 360-30]. Le directeur d'alors M. Citti a fini par céder et attribuer des postes, comprenant qu'il avait la responsabilité de faire fonctionner chaque mois la paie. Deux ou trois ans après, ça s'est reproduit avec un autre directeur. Pour la direction, cela a abouti à l'idée qu'il fallait séparer l'informatique de gestion de l'informatique pédagogique et recherche pour protéger les ordinateurs de gestion des grévistes. La direction a donc décidé d'acheter un ordinateur pour l'administration qui serait sous clef dans les couloirs proches de la direction. Pour cela on a trouvé un crédit pour acheter une nouvelle machine coûtant environ 1 million de francs. On allait donc pouvoir commander un nouvel ordinateur en gestion.

20 Voir les textes de C. Kaiser, F. Anceau et les articles sur la thématique d'UNIX dans le deuxième volume de ce double numéro.

21 Le « pupitrage » est l'ancien terme utilisé pour décrire l'opération consistant à entrer du code informatique ou des données sur l'ordinateur, depuis un terminal.

Quelle pouvait être notre politique ? D'abord il s'agissait de trouver une machine de bon niveau du point de vue de son matériel et logiciel pour faire de la gestion. Mais elle devait aussi compte tenu de la pénurie générale de moyens, permettre de passer des TP en accès à distance et de faire des recherches comme le faisait le 360. La machine devait aussi être porteuse d'une bonne technologie pour intéresser les gens en poste à leur travail. Mais il y avait la politique préférentielle, qui faisait que tous les achats significatifs devaient passer par la commission d'informatique du Ministère de l'enseignement supérieur – son rôle étant de n'autoriser que des machines Bull. À l'époque le meilleur mini-ordinateur était le Mini 6. Il pouvait satisfaire les besoins des services centraux de l'administration, avec un Cobol et le système de gestion de fichier, etc. Mais du point de vue des enseignements et de la recherche, c'était peu satisfaisant. Le mini-ordinateur qui nous semblait répondre le mieux à nos besoins très larges était le PDP 11 de DEC [Digital Equipment]. C'était au départ une machine plutôt temps réel et scientifique avec le système RSX ; mais avec un autre système, le RSTS, il avait une vocation plus généraliste et pouvait aussi figurer honorablement comme machine de gestion. Par ailleurs, vers 1978 le PDP 11 était le seul ordinateur permettant de faire tourner le système UNIX. On avait fait de la veille technologique dans le « groupe Systèmes »[22]. On voulait qu'un système nous mette au niveau de la technologie standard des universités américaines et européennes. Le système UNIX était dérivé du système Multics dont il reprenait de bonnes idées mais il était moins gourmand, plus efficace. En France, il n'y avait pas encore de PDP 11 dans les universités ni de système UNIX. Le PDP qui pourrait tourner RSTS et UNIX nous est apparu comme le meilleur choix. Mais comment commander un PDP 11 quand c'était interdit ? J'ai proposé quand même cet achat au directeur adjoint, Jean Louis Devaux, et, il a accepté de contresigner le bon de commande. Il devait être aussi un peu agacé par la contrainte de la politique préférentielle. Il a donc accepté de contourner la commission, ne demandant pas d'autorisation. Je crois qu'il nous a simplement fait confiance dans notre choix technique. Après coup, je pense que c'était un bon investissement qui n'a pas gâché un financement public. On a donc acheté un PDP 11/70, une machine à deux armoires avec un dérouleur de bandes dont la configuration était déjà assez puissante pour le travail à faire. La machine était installée à l'administration, dans une salle protégée des intrusions et climatisée. Elle tournait en RSTS pour l'administration de 8/9h du matin à 18h. À partir de 18h, elle devenait disponible pour les enseignements et recherche. On aurait pu l'utiliser en RSTS pour faire des travaux pratiques mais on a préféré UNIX. Tous ceux qui voulaient travailler en UNIX avaient cette machine le soir et la nuit. C'est un choix qui optimisait vraiment l'investis-

22 Voir l'article de Paloque-Berges et Petitgirard dans ce volume.

sement financier. Le portage des applications de gestion du 360/30 vers cette machine ne me semble pas avoir posé de problèmes. Mais ces logiciels étaient dans des versions anciennes et c'est leur maintenance et leurs évolutions qui ont posé des problèmes aux informaticiens de l'administration.

Pour l'amorçage d'UNIX ça a été plus difficile. J'ai un peu regardé l'opération pour apprendre. Pendant toutes les vacances d'un été (de mi-juillet à fin août) la machine a été disponible à temps complet, l'administration étant en vacances (peut-être en 1979 si ma mémoire est bonne). Un stagiaire à l'INRIA, Kyran O'Donnell qui avait déjà travaillé sous UNIX au Canada, Humberto Lucas et Bernard Martin, ingénieurs au laboratoire, ont tous les trois réalisé le travail. Ils ont compilé les différentes sources et adapté la livraison UNIX au PDP11/70. Je souhaitais participer à l'opération mais je me suis démoralisé après quelques tentatives de participation. Kyran O'Donnell n'expliquait pas ce qu'il faisait et le travail ne marchait pas bien. Je crois que l'UNIX n'a vraiment bien tourné qu'en septembre ou octobre avec de nouveau un travail de nuit sur le PDP 11 pour finir le portage. Je faisais beaucoup trop de choses en plus de la gestion du laboratoire, je poursuivais mon travail de thèse d'État et je ne pouvais y travailler vraiment que pendant les vacances.

Au total le démarrage d'UNIX a été une opération très positive. Quand il a marché, c'était probablement le second système UNIX opérationnel en France après un UNIX ayant tourné dans un laboratoire de recherche pharmaceutique (Syntélabo). UNIX a pu alors être testé en vraie grandeur au Cnam. Il a prouvé son intérêt scientifique et assez rapidement le besoin d'une machine UNIX qui serait disponible normalement dans la journée s'est fait sentir.

Si le PDP 11 était installé à l'administration, comment y accédiez-vous, notamment pour les activités de recherche ?

Le PDP 11 n'était plus sous ma responsabilité. Les gens qui s'occupaient de la paie et de la scolarité sur l'IBM 360 étaient passés sur cette machine. Le chef de ce nouveau service, était le directeur adjoint qui s'en occupait directement. Du point de vue des autres utilisateurs et en dehors des opérations d'amorçage d'UNIX qui se faisaient directement sur la machine on utilisait le PDP avec des terminaux distants. En effet c'est aussi le moment où l'on a déployé le réseau Ethernet[23] au Cnam. Après une phase de veille technologique on a pensé que c'était un réseau d'avenir. On a tiré un premier câble Ethernet vers 1976-1977 au laboratoire d'informatique. On avait pu acheter des dispositifs de la société Ungermann-Bass capables de faire un multiplexage de terminaux asynchrones

23 Ethernet est un protocole de communication pour réseaux informatiques, inventé vers 1973 (au sein de l'entreprise Xerox PARC).

sur le réseau Ethernet. Au départ, Ethernet servait seulement à déporter des terminaux entre des salles de TP et le Modular One. On a refait cette manip' à plus longue distance entre le centre de calcul et l'accès 9 où était la comptabilité. Ces opérations de construction de réseaux ont été le plus souvent effectuées techniquement par Frédéric Sourdillat, ingénieur au laboratoire d'informatique. Malgré cela l'utilisation du PDP était malaisée, surtout à cause des contraintes horaires.

Pour développer les travaux de pédagogie et de recherche il fallait une machine qui remplacerait le 360/30. Un an ou deux après l'opération du PDP 11, le directeur adjoint a débloqué un deuxième crédit pour acquérir une machine pour la pédagogie et la recherche et remplacer l'IBM 360 qui avait alors plus de dix ans. La direction du Cnam avait peut-être pris conscience qu'il fallait réinvestir dans l'informatique, et après cette longue période de vache maigre au Cnam, il nous a dégagé 850 000 francs pris sur le budget propre de l'établissement. On a fait une étude de marché et on a été tenté par la machine de DEC qui suivait le PDP 11, le VAX. C'était une machine assez brillante de 32 bits (le PDP était en 16 bits) avec une architecture qui rivalisait avec les machines IBM : moins puissant, mais beaucoup moins cher. On a choisi de tourner le système natif du constructeur VMS. Je pense que le portage d'UNIX sur VAX n'était pas encore disponible. De toute façon, VMS était un très bon système en particulier du point de vue de ses mécanismes de protection qui en faisait une machine très fiable qui se plantait très rarement. Il y avait aussi en matière de compilateurs, de logiciels de base ce qu'on pouvait souhaiter.

On a recommencé la manipulation qui nous avait permis de commander le PDP11 : signer directement le bon de commande sans passer par la commission. Mais là on a eu des problèmes gravissimes. En effet le VAX n'était pas considéré comme un mini-ordinateur, mais comme une machine de puissance capable de faire du calcul de physique nucléaire, avec donc un risque de dissémination nucléaire pour des puissances émergentes voulant se doter de la bombe. Il y avait au sein de l'OTAN le CoCoM [Coordinating Committee for Multilateral Export Controls], le Comité d'organisation d'exportation du matériel militaire qui réunit les membres de l'OTAN, qui contrôlait les exportations de matériel stratégique vers les puissances du bloc soviétique. Il y avait aussi des pays sous embargo comme l'Afrique du sud. Le gouvernement français était encore puni par les Américains dix ou quinze ans après le Plan Calcul : il n'avait pas le droit d'acheter du matériel lui permettant de développer son arsenal nucléaire. Pour acheter une machine comme le VAX, il fallait que la DIELI [Direction des industries électroniques et de l'informatique] écrive une lettre au gouvernement américain s'engageant à ne pas utiliser l'ordinateur pour des calculs de physique atomique militaire.

Donc DEC avait un bon de commande mais devait attendre la lettre du gouvernement. On est allés plaider notre cause à la DIELI au Ministère de l'industrie, qui a refusé de signer la lettre. Ils savaient que ces courriers permettaient aussi de faire appliquer la politique préférentielle, c'est-à-dire de faire acheter du matériel BULL à des gens qui n'en voulaient pas… C'est resté comme cela pendant plus d'un an. La machine était commandée, mais pas livrée. Je ne sais pas ce qui s'est passé au niveau américain mais Digital [Equipement] a dû intervenir pour faire des ventes. Miraculeusement, un jour le VAX a été retiré de la liste, [la raison officielle étant que] ça n'était une machine pas si puissante que ça. Il est devenu livrable du jour au lendemain.

Le VAX qu'on a eu était le modèle 780 (on était au début des années 1980), dans une configuration très limitée. On a pris au plus juste avec nos 850 000 francs et on a tout sous-dimensionné. La machine était installée au laboratoire de calcul avec l'IBM 360, car c'était la seule salle qui était climatisée. J'avais un budget annuel : environ 600 000 francs pour payer toutes les dépenses courantes. En économisant je pouvais avoir une petite politique d'investissement, et j'avais une petite marge pour acheter des extensions. Rien à voir avec les budgets actuels compte tenu des rapports qualité prix atteints par les équipements informatiques. Progressivement on a donc fait des commandes d'extensions pour arriver à une configuration raisonnable du VAX.

L'économie d'UNIX bénéficiait aussi de la licence quasi gratuite d'UNIX, qui tournait sur la machine VAX…

La licence d'UNIX était très peu chère. Il suffisait d'écrire une lettre indiquant qu'on était un établissement d'enseignement et de recherche et qu'on voulait UNIX. Il fallait payer la fabrication de la bande et son expédition. Dans mon souvenir, ça coûtait 300 dollars. Une anecdote : l'engagement vis-à-vis du laboratoire Bell, qui était principalement de ne pas utiliser UNIX à des fins commerciales, comprenait la signature du demandeur, donc moi, et celle d'un *lawyer*, d'un homme de loi, un avocat qui devait certifier juridiquement la signature. On était comme deux ronds de flanc. On ne pensait pas que le Cnam avait à l'époque un cabinet juridique attitré. Finalement on a décidé de faire ça à l'esbroufe. On s'est dit que le nom de Daniel Lippmann, ingénieur au laboratoire, sonnerait bien pour les Américains car il ressemblait à un nom d'avocat et donc on a écrit ce nom en gros et il a signé. On a reçu sans problème la bande.

Quant aux utilisateurs de la machine VAX : celle-ci était complètement ouverte à qui en avait besoin en enseignements et recherches. Elle était donc souvent saturée compte tenu de sa configuration et du nombre de consoles trop élevé qu'on y avait connecté. En ce sens, on a aussi accueilli des chercheurs extérieurs qui faisaient des portages sur VAX pour diffuser leurs résultats dans la communauté

internationale. Je me souviens de Bernard Lang de l'INRIA avec qui je discutais quand il venait travailler à un portage.

En matière de politique d'acquisition d'équipement novateur, on aurait pu penser que le Cnam se ferait le chantre de la politique protectionniste dominante. Est-ce que son identité technocrate, justement proche du pouvoir scientifique et industriel, lui a permis justement de négocier plus facilement qu'ailleurs ces acquisitions ?

En effet, on n'aurait probablement pas accepté ce qu'a fait le Cnam de la part d'un établissement qui aurait été dans la norme universitaire. Le Cnam pouvait passer à la marge de la politique préférentielle. D'ailleurs, à l'époque existait la notion d'« université dérogatoire » et je crois que sous cette bannière l'université de Compiègne a eu un VAX sans difficulté. En tant que responsable du laboratoire d'informatique, lutter contre la politique préférentielle a été un aspect essentiel de mon activité. J'ai passé une énergie incroyable pour acquérir un équipement d'un niveau normal ailleurs en Europe. Par exemple au Danemark, en Angleterre ou en Hollande on pouvait acheter un PDP 11 sans problème. Seulement en France on avait cette politique protectionniste excessive dont on peut penser qu'elle a fait prendre un retard important. Ce qui est étrange c'est qu'on soit passé d'une politique de protectionnisme forcené à une forme d'ultra-libéralisme où l'État ne doit rien diriger. Ce sont d'ailleurs un peu les mêmes personnes qui défendent les deux positions : les gens qui défendaient la politique préférentielle étaient des gaullistes, puis des giscardiens, puis des chiraquiens… Mais ils se sont retournés au fil des ans vers un libéralisme bon teint. J'ai un peu l'impression d'avoir perdu mon temps à pas grand-chose. D'un seul coup des barrières infranchissables sont tombées. Les collègues universitaires, qui n'avaient pas de soutien de leurs institutions n'avaient pas pu lutter. À l'INRIA, ils étaient encore plus contrôlés qu'ailleurs. C'était le laboratoire de recherche phare qui devait faire ses recherches sur le matériel de la compagnie nationale. Je crois qu'un responsable a déclaré un jour qu'il n'y aurait jamais d'UNIX à l'INRIA. Avec le recul, on se dit que c'était une parole vraiment stupide.

UNIX a précipité le moment « réseaux » du laboratoire, puisque commencent à se développer au début des années 1980 des connections entre machines internationales et plus seulement locales. Le laboratoire de calcul, par l'entremise de Humberto Lucas et Bernard Matin, gère le nœud français des réseaux européens UUCP et Usenet, sous le nom de Fnet, précurseur d'Internet en France…[24]

Tout cela a été rendu possible grâce au VAX acquis en 1980, qui avait une certaine puissance de calcul, un bon système de temps partagé (le système VMS, bien

24 Voir Paloque-Berges (2017), pour l'histoire de Fnet.

conçu) et des logiciels réseaux (par exemple les protocoles X25). Cependant, sur VAX-VMS les logiciels étaient coûteux (par exemple le protocole X25). À côté il y avait l'univers gratuit d'UNIX avec une création logicielle très innovante. Comme nous n'avions pas beaucoup de moyens, nous étions réticents à faire des achats de logiciels et nous étions ainsi portés vers UNIX. Mais il était devenu gênant de ne pouvoir travailler que la nuit à l'administration pour faire des développements autour d'UNIX, et aussi pour exploiter des logiciels. D'où l'idée qu'il fallait avoir une machine UNIX en propre au laboratoire d'informatique.

À ce moment-là est arrivée la version de Berkeley (BSD), permettant de faire tourner UNIX sur le VAX. Mais il y a eu un nouveau blocage. La machine VAX 780 tournait VMS, le système natif du constructeur, et il n'était pas très facile de changer de système. Ce système était bon et beaucoup trop d'utilisateurs avaient l'habitude de faire leurs TP et leurs recherches sur VMS. On ne pouvait donc plus arrêter le système VMS. C'est pour cela qu'on a pensé acheter un deuxième VAX pour une machine UNIX au laboratoire. Il n'y avait pas encore de machine française faisant tourner UNIX. On devait passer encore en dehors de la politique préférentielle, qui était toujours d'actualité. Donc l'achat n'était pas si simple. On a appris l'existence d'une filière, par la société anglaise Systime. Systime achetait chez DEC des cartes VAX, faisait de l'assemblage avec d'autres cartes compatibles DEC et des bus et des baies achetées sur le marché OEM. Ils faisaient un travail d'assembleur de configurations et écrivaient Systime sur la machine – mais c'était bien un VAX[25]. Pour des raisons budgétaires on voulait le modèle VAX 750, plus petit que le 780, qui portait le nom Systime 8750 – une nomenclature à peine dissimulée. Malgré tout, c'était une violation de la politique préférentielle en France, parce que la machine venait officiellement d'Angleterre et qu'on ne devait pas plus acheter anglais qu'américain. J'ai acheté ce Systime avec les budgets de fonctionnement, carte par carte, en huit bons de commande passés successivement, avec un dernier bon de commande pour la baie. En apparence, c'étaient de petites opérations, sous la forme d'extensions, des *add on* qu'il était légitime d'acheter. On l'a donc importée par morceaux. Les opérations techniques sur l'environnement système d'UNIX, c'était surtout du ressort de Lucas et Martin. Je me suis quand même formé peu à peu à UNIX mais comme un utilisateur, pas comme un ingénieur système.

On a donc eu un petit VAX, tout à fait satisfaisant, avec un UNIX utilisable pour les TP et la recherche. À partir de là on a commencé à intégrer la communauté des utilisateurs UNIX via les réseaux. On avait toute latitude. Le premier réseau, initié en 1983, était un réseau utilisant UUCP, un protocole asynchrone, seulement au niveau liaison, le plus petit

25 Voir le texte d'I. Astic consacré à la machine Systime 8750, dans ce volume.

niveau de réseau. Mais ça permettait quand même d'échanger un minimum de choses, en particulier le courrier électronique – qui avait commencé dès qu'il y avait eu UNIX sur le PDP 7, mais seulement pour des courriers échangés à l'intérieur de l'établissement. Ces courriers servaient à dire : j'ai fait telle manip' aujourd'hui, si tu reprends la main sache que ceci est dans tel répertoire. L'UUCP, qui nous permettait de sortir du Cnam, passait par le réseau téléphonique commuté avec des débits extrêmement bas. Longtemps la liaison la plus rapide était à 1 200 bits/seconde. On travaillait encore souvent à 300 bits/seconde. Mais il fallait automatiser la mise en relation entre machines à 1200 bits par un réseau commuté. On a donc acheté un composeur de numéro de téléphone pour se mettre en relation automatiquement avec l'extérieur du Cnam. On passait par le standard du Cnam avec une ligne téléphonique dédiée qu'on avait fait tirer jusqu'en salle des machines. Il y avait un modem asynchrone, un composeur pour établir la liaison. Humberto Lucas a développé un logiciel pour contrôler ce composeur et on a commencé à appeler l'extérieur et à faire vraiment du réseau.

On faisait aussi de la veille technologique autour de la notion de station de transport, appelée ensuite niveau transport du modèle OSI : une couche au-dessus de la couche commutation, mais pas clairement définie à la fin des années 1970. Il y avait des débats : fallait-il introduire un logiciel en plus du niveau réseau, représenté par le protocole X25 dans les réseaux publics, et dans les réseaux Internet par le TCP. Ces questions phosphoraient, et je me souviens qu'on faisait des petites présentations entre nous. Puis ça s'est séparé : le protocole IP, de niveau 3, et le protocole TCP, de niveau 4, qui prenait en charge l'interface usager, la relation directe de processus à processus. À partir de là, les protocoles TCP-IP ont été livrés au milieu des années 1980 avec la version UNIX BSD : on a changé d'époque. Du temps de Fnet, on était encore sur des réseaux extrêmement basiques. Puis on a pu faire tourner du TCP-IP, du Telnet, du terminal virtuel et du transfert de fichiers puis du fichier virtuel avec NFS. Toute la couche application de l'Internet est arrivée, en changeant profondément la perspective.

Mais j'avais quitté le laboratoire d'informatique. J'en ai eu assez de faire de la négociation commerciale et de la paperasse. J'ai laissé la direction du laboratoire à Humberto Lucas qui l'a occupée pendant un an avant de partir. Il avait des ouvertures dans l'industrie, il est rentré dans les réseaux UUNET[26], il a fait une belle carrière dans le transport de données dans l'Internet. Il connaissait ces gens-là. Il a été basé à Amsterdam ensuite, et a atteint un assez haut niveau. Je me souviens de quelqu'un de charmant. Il a fait des études d'informatique à Jussieu peu après moi. Il a d'abord pris un poste d'assistant au Cnam, puis il a préféré être ingénieur système. Être ingé-

26 UUNET, créé en 1987, est le premier fournisseur d'accès américain commercial aux réseaux UUCP.

nieur système c'est une vocation ; moi je ne l'ai pas, je ne suis pas bon dans ce rôle. Je l'ai fait occasionnellement pour débrouiller des situations, mais installer du logiciel, le faire tourner à longueur d'année etc., ça m'ennuyait un peu. Lui faisait cela très très bien.

Le laboratoire avait fait exister le réseau Fnet, en établissant une liaison qui consistait à téléphoner à Amsterdam et à envoyer du trafic sur une machine à Amsterdam, le centre européen qui avait une liaison avec les États-Unis. Cela ouvrait le Cnam sur le monde entier. Au final, le Cnam a commencé Internet en France en créant ces liaisons spécialisées autour de Fnet. Mais à un moment il n'y avait plus personne pour faire l'administration du réseau. Il fallait aussi payer les factures des voies de communication et cela coûtait de plus en plus cher. Humberto Lucas étant parti, la relève n'a pas vraiment eu lieu et l'administration du réseau ne suivait plus. Donc le rôle de racine du réseau (*backbone*) que jouait le Cnam est passé à l'INRIA – ce qui était plutôt normal, car le Cnam était trop petit pour faire ça. Le Cnam était précurseur sur l'Internet mais n'a pas pu suivre le développement du réseau.

Vous parlez d'intégration à la communauté UNIX – cela passait aussi par les associations d'utilisateurs, comme l'association française des utilisateurs d'UNIX (AFUU). Vous souvenez-vous si le laboratoire, ou ses employés à titre individuel, était membre d'associations liées à l'informatique ?

Oui, avant l'ère UNIX, on participait à des groupes autour des architectures qu'on exploitait, c'est-à-dire chez IBM et chez DEC. Des commerciaux nous signalaient des réunions, des présentations de produit, où on allait si on avait le temps, mais pour ce qui me concerne je me souviens d'avoir beaucoup appris par ce canal. Pour ce qui est des groupes d'utilisateurs d'UNIX, je n'y suis jamais allé personnellement. Des ingénieurs du laboratoire y ont participé mais je n'ai pas de souvenirs précis sur leurs participations.

Par contre, le Cnam hébergeait le séminaire AFCET d'architecture des systèmes, que je ne manquais jamais. C'était une source sérieuse d'information. Quand Bernard Martin est venu de l'INRIA avec son poste d'ingénieur au Cnam [au milieu des années 1970], Claude Kaiser lui a demandé de reprendre ce séminaire qui était auparavant dans un autre établissement. L'AFCET invitait périodiquement un constructeur, un commercial ou un technicien qui présentait une gamme d'équipement dans ses spécificités, l'originalité de la machine, son jeu d'instructions, ainsi que son système d'exploitation. Il y avait des architectures extrêmement exotiques, comme les machines Burroughs par exemple. C'étaient des machines à pile qui n'ont pas eu d'équivalent depuis. Il y avait jusqu'à quinze séances par an, et donc le même nombre de constructeurs majeurs : DEC, Control Data, IBM…

Nos développements se fondaient d'abord sur un travail de veille technologique : on voulait rester dans la course, à un bon niveau. Dans le domaine des systèmes *stricto sensu*, on a produit peu de publications de recherche à ce moment-là – on ne publiait d'ailleurs pas intensivement comme maintenant. On se tenait au courant en essayant d'installer les meilleurs outils du moment. On tenait un autre séminaire dans le « groupe Systèmes » avec Kaiser : on lisait des papiers sur le thème qu'on se présentait une fois par semaine. Plus tard, après 2000, je suis revenu en recherche sur les systèmes et j'ai publié dans le domaine des réseaux avec des résultats originaux dans les protocoles de diffusion.

On se rend compte que ce qui est déterminant dans l'avancée vers une activité accrue de recherches est cette activité de veille active de l'innovation dans la recherche informatique – dont les réseaux n'étaient qu'une partie. Est-ce que la programmation en UNIX, qui présentait un intérêt scientifique et technique indéniable, était considérée comme de la recherche ?

Notre effort de veille technologique a payé après dix ou quinze ans en relation avec la volonté d'installer des équipements de bon niveau détectés au cours de cette veille. L'appui des directions au Cnam ne doit pas être négligé, à travers l'autorisation qu'elles nous ont donnée de ne pas tenir compte de la politique préférentielle, ce qui est assez exceptionnel.

Pour ce qui concerne UNIX et son apport à la recherche c'est certainement indéniable mais ce n'est pas simple de le cerner. UNIX était d'abord un bon système pratiquement gratuit mais qui avait le niveau d'un système qui se vendait beaucoup plus cher. À mon sens, en dehors du problème financier, UNIX aurait pu être remplacé par plusieurs autres systèmes (par exemple VMS). On aurait eu quelques inconvénients mais aussi quelques avantages. Je crois qu'idolâtrer UNIX ou le dénigrer ne sert pas à grand-chose. Ce qui a fait le succès d'UNIX, c'est sa dimension de logiciel libre. Ses utilisateurs avaient le droit de s'en emparer facilement et le code était disponible. Ainsi UNIX a intégré progressivement de nombreuses innovations et est devenu une référence. UNIX est une belle construction, mais n'est qu'un outil commun de production et de diffusion. La recherche, c'est d'abord d'avoir des idées originales, d'avoir un outil pour tester ces idées et ensuite de publier quand c'est suffisamment abouti. Si les logiciels produits dans les processus précédents sont bons ils peuvent rester dans l'environnement UNIX mais programmer sous UNIX n'est pas en soi un gage de qualité de recherche.

Comment ai-je utilisé UNIX dans le cadre de mes travaux personnels ? UNIX a été disponible au moment de mon doctorat *ès* sciences. J'ai développé des codes appliquant les résultats théoriques obtenus. C'était du code scientifique en Fortran, Pascal et C. J'ai utilisé l'ensemble Lex/Yacc des outils UNIX compilateurs

de compilateurs, pour faire un langage de description de modèles. J'ai publié ma thèse au moyen de vi et nroff. Puis j'ai publié des articles au moyen de emacs et latex[27]. On ne peut pas dire que c'est une contribution majeure à UNIX mais il est resté du code utilisable en UNIX pendant un certain temps.

Au même moment, au cours des années 1980, vous avez commencé vos recherches théoriques sur les réseaux de Petri. Comment avez-vous concilié tout cela ?

Entre 1974 et 1983 j'ai fait de la recherche en parallèle avec la gestion du laboratoire. D'abord, j'ai terminé et soutenu ma thèse de troisième cycle en 1975. À partir de 1976-1977 la notion de réseaux de Petri stochastiques a été introduite avec Stéphane Natkin[28]. C'était un outil permettant la modélisation des phénomènes temporels dans les systèmes informatiques en introduisant des propriétés de synchronisation. Avant cela, il y avait des modèles de réseaux en file d'attente dans lesquels on passait séquentiellement d'une file à une autre : on passe chez le boulanger ou on attend, on en sort, puis on attend chez le crémier, etc. On a commencé à faire un modèle synchronisé en utilisant le formalisme des réseaux de Petri. On pouvait ainsi modéliser l'attente de plusieurs clients donnés pour commencer un service. Un client pouvait attendre plusieurs serveurs en même temps. Enfin tous les schémas de synchronisation étaient possibles. Ces modèles décrivaient beaucoup mieux les systèmes informatiques et ils nous ont permis de traiter des problèmes nouveaux de performance et de sûreté de fonctionnement.

J'avais un jour rencontré Stéphane Natkin qui se baladait au laboratoire de calcul. Je ne savais pas ce qu'il cherchait mais j'avais commencé à lui parler. À ce moment-là, il vendait des terminaux pour IBM, et voulait faire un mémoire d'ingénieur Cnam. On s'est bien entendus, et j'ai encadré son mémoire d'ingénieur vers 1975-1976 où on a commencé à marier les notions de réseaux de Petri et de processus stochastiques. Puis on a continué à travailler ensemble pendant très longtemps. On se voyait dans mon bureau à l'accès 17 et on faisait de la recherche sur tableau noir. Quand j'en avais fini avec la recherche, je refaisais des bons de commande, j'allais voir si les ordinateurs tournaient bien. Natkin a ensuite travaillé chez CERCI[29], une société de services du groupe Schneider où on lui demandait des évaluations prévisionnelles de la sûreté de fonctionnement des systèmes proposés aux clients. Par exemple des systèmes doublés dans des réacteurs nucléaires mais aussi dans beaucoup d'autres domaines comme l'avionique, la construction mécanique, par exemple le tunnel sous la Manche. On obtiendra ensemble des

27 Vi, nroff, emacs et latex sont des éditeurs de texte du système UNIX.

28 Florin & Natkin, 1985.

29 Voir l'article Paloque-Berges et Petitgirard dans ce même volume.

contrats de recherche et on soutiendra des thèses d'État en 1985 sur ce sujet. Mais à cette date, j'avais abandonné la direction du laboratoire pour redevenir enseignant.

Quels étaient vos liens aux autres disciplines, par exemple l'électronique qui était en train de faire la transition entre les cultures analogiques et numériques ?

Avec les électroniciens il ne s'est rien passé. Au moment de mon travail sur la liaison entre le Modular et le 360, en 1972 ou 1973, j'ai voulu collaborer avec les électroniciens. Je me souviens d'une visite à Michel-Yves Bernard, le patron de l'électronique au Cnam, dans laquelle je lui ai proposé une collaboration pour développer des coupleurs numériques. On ne s'est pas compris. Il m'a regardé comme un ilote. On parlait des langages complètement incompatibles. Ils étaient installés dans leur domaine, celui de l'analogique avec par exemple la télévision analogique, ce qui était très porteur en raison de l'engouement du public. Ils connaissaient parfaitement tout cela. Mon discours sur le numérique n'est pas passé. C'était certainement trop tôt. Je m'en suis sorti tout seul et j'en suis resté là pour la collaboration avec les électroniciens.

À l'époque, aviez-vous conscience que l'informatique était une discipline d'avenir ? Le plan Calcul, à l'orée de votre carrière, voulait organiser des filières informatiques. Mais on a l'impression surtout en vous entendant que cette histoire est faite surtout de trajectoires individuelles qui font des choix originaux. Quelles incitations receviez-vous, par exemple en termes de planification politique des programmes scientifiques ?

Dans les milieux de l'informatique on pensait bien sûr que l'informatique était importante et personne ne la pensait en tant que phénomène transitoire. Mais dans mon souvenir on ne recevait pas de directives sur les orientations qu'on aurait dû privilégier. Il n'y avait pas de planification en dehors de la construction de la force de frappe. De Gaulle avait été traumatisé par la défaite de juin 1940. Il voulait que cela ne se reproduise plus et il lui fallait un système d'armes nucléaires. La France a engagé un an de son PNB sur trente ans, donc 3 % chaque année, sur la force de frappe. L'écoulement des crédits a fourni l'orientation politique majeure pendant longtemps. Un effort assez colossal pour construire la bombe, les sous-marins, les fusées… L'informatique était un enjeu technologique majeur, et c'est ainsi qu'est arrivé le Plan calcul. Mais les ordinateurs dont on avait besoin pour la bombe se situaient en calcul scientifique et aussi en temps réel pour le contrôle de commande des engins. Le reste était hors épure. Par exemple, je ne pense pas que les systèmes d'exploitation étaient vus comme un enjeu majeur. Ceux qui voulaient faire de l'algorithmique décimale en Cobol n'avaient pas voix du tout au chapitre. Une dynamique qui vient du sommet

fait assez inévitablement des impasses que les trajectoires individuelles peuvent parfois un peu combler. Personnellement je suis assez peu militariste et travailler pour l'arme atomique ne me disait rien. Donc je suis resté un marginal par rapport à l'effort national…

La France a cependant également inventé des machines de micro-informatique. D'ailleurs, est-ce que les personnes impliquées dans les recherches en systèmes, ou plus généralement dans l'informatique au Cnam, se sont intéressées à cette phase d'émergence de la micro-informatique ?

C'est vrai que le premier micro-ordinateur a été assemblé en France, mais ce sont les Américains qui ont vraiment mené la danse, surtout avec les familles successives de microprocesseurs Intel. Notre « groupe Systèmes » s'intéressait à des systèmes d'exploitation ambitieux, avec des fonctionnalités de haut niveau. Or, pendant longtemps la micro-informatique est restée insuffisante pour supporter ces systèmes. Il fallait des machines conséquentes avec des mécanismes câblés complexes comme les mécanismes de protection, pour avoir des systèmes de haute technologie. Avec l'accroissement de la puissance des microprocesseurs c'est devenu le cas. En fait nous avons attendu que le matériel rejoigne les besoins des logiciels. À un moment il n'y a plus eu de différences dans la capacité à supporter un système entre un microordinateur et un ordinateur.

L'émergence de la micro-informatique, c'est pour ce que j'en vois, le fait des fondeurs de circuits. Maintenant un téléphone portable de 100 euros est incroyablement puissant. C'est un quadriprocesseur beaucoup plus puissant qu'un VAX sauf pour ce qui concerne la capacité en matière d'entrées-sorties. Ils font tourner des UNIX avec un logiciel de base qui a dépassé le million d'instructions il y a très longtemps. Je ne suis plus cela de près mais on doit être dans les dizaines de millions d'instructions potentiellement exécutables et probablement plus. Dans la génération de micros, à partir de 1972, jusqu'aux processeurs de type 68 000 de Motorola qui devenait assez puissant, les processeurs étaient trop petits. On pouvait faire des choses : un interpréteur BASIC, un coupleur, un processeur temps réel pas trop ambitieux, une acquisition de mesure, etc. Ce qui était bien pour un certain type d'application mais ce n'était pas ce qui nous intéressait. Pour des laboratoires qui faisaient du matériel, par exemple au Cnam le laboratoire de micro-informatique dont le directeur était Jean Ranchin et l'ingénieur Roland Borin, ce type d'équipement était plus intéressant, pour les TP essentiellement.

Ces personnes sont-elles impliquées dans la création du Cédric ? Quand on regarde les publications qui accompagnent le dossier de création de ce nouveau laboratoire de recherche remis au Conseil administration, on trouve une variété de personnes et de sujets de recherches

non limitées aux protagonistes du « groupe Systèmes ». Par ailleurs, la création du Cédric a été retoquée lors de son premier passage au Conseil d'administration du Cnam en 1988 pour raison de « manque d'inclusivité » des recherches en informatique de l'établissement dans son projet scientifique : que pouvez-vous nous en dire ?

Le Cédric que nous dirigeons à la fin des années 1980 avec Stéphane Natkin, était une entité d'abord destinée à structurer la recherche en informatique qui était jusque-là éparpillée. Sa vocation était de faire des publications internationales, et donc de se confronter au meilleur niveau mondial, avec des travaux les plus significatifs possible.

Le laboratoire s'est créé en 1988, trois ans après ma thèse de doctorat ès sciences, après laquelle j'avais obtenu un poste de professeur d'université au Cnam. Il fallait que la recherche en informatique se structure. Il n'y en avait pas assez par rapport au nombre de postes d'enseignants ; les carrières des enseignants ne suivaient pas, alors que ça se faisait très naturellement dans les universités où tout est construit autour des doctorats. Au Cnam, on n'avait pas le droit de délivrer le doctorat de troisième cycle, ni le doctorat ès sciences. Pour le troisième cycle, c'est arrivé sans trop de problèmes à l'époque. Pour le doctorat ès sciences, ça a été plus difficile et on ne l'a jamais obtenu de même que l'habilitation à diriger des recherches ensuite car il y avait un blocage du ministère – où les universités sont toutes puissantes. Celles-ci considéraient que ce doctorat était leur prérogative. On a monté des dossiers et montré que notre structure était prête, en termes d'activité et nombre d'habilités… Cela m'a toujours paru être une grande injustice : une toute petite faculté de province peut délivrer l'habilitation et le Cnam n'en a pas le droit alors qu'il a un encadrement beaucoup plus important. Le deuxième frein relevait d'un groupe très actif de titulaires de chaire. Ils ne voyaient pas d'un bon œil l'activité recherche au Cnam. Pour se justifier, ils ont fait valoir leur spécificité qui était d'être issus de l'industrie. Leurs contacts et compétences industrielles et techniques étaient indispensables pour la formation au Cnam et il fallait le valoriser au sein des diplômes de l'établissement. Avec ce groupe il était très difficile de faire bouger les choses en faveur de la recherche. Selon eux la recherche relevait de la mission de l'université pas de celle du Cnam. Je crois qu'il vaut mieux oublier cette période.

Quant au premier passage du Cédric en conseil d'administration c'est un épisode classique de l'ancien Cnam et du système des chaires. Je crois qu'un professeur de chaire était allé à la direction en disant que ses recherches n'étaient pas assez reconnues par le Cédric. Personnellement j'ai toujours accueilli tous ceux qui avaient une activité recherche au Cédric car ça nous permettait de présenter des rapports d'activité plus épais et on obtenait ainsi plus de reconnaissance et

plus de crédits. Ça s'est réglé au second passage. De toute façon le Cédric a fonctionné bien avant d'être reconnu par le Cnam. Le principal effet de cette reconnaissance a été la création d'une ligne budgétaire officielle sur laquelle j'avais une délégation de signature. Il a été mis en place sur ces crédits des clés de répartition des crédits entre équipes très démocratiques, qui ne tenaient compte que du nombre de chercheurs et du nombre de publications. C'est peut-être cela qui avait empêché la création lors du premier passage.

Comment se positionnait Claude Kaiser dans cet environnement de chaires qui pouvaient être hostiles à la recherche ?

Claude Kaiser a été recruté comme professeur d'université. Il a ensuite souhaité devenir titulaire de chaire et son accès à une chaire a été barré un moment d'abord par Jean Girerd. Puis, il a réussi à prendre la succession de François Henri Raymond, mais si le vote lui a été assez favorable, ça a été quand même difficile car Raymond ne voulait pas que Kaiser lui succède. Claude Kaiser avait eu une expérience industrielle par son passage au génie maritime mais il est devenu ensuite chercheur à l'IRIA pendant une longue période avant d'être professeur au Cnam. Pour sa candidature de chaire, il avait donc un profil de chercheur et peu celui d'un industriel. Ce qui n'était pas bien vu d'un groupe de titulaires de chaires. C'est certainement l'une des raisons de ses difficultés. Ce point de vue est devenu intenable. On ne l'entend plus. Au contraire, aujourd'hui, on constate parfois une surenchère élitiste dans l'examen des aspects recherche dans les dossiers de titres et les travaux des titulaires de chaires.

Le rôle de Claude Kaiser a été déterminant pour le département informatique car comme je l'ai déjà souligné au début il a joué un grand rôle dans la politique d'équipement et dans l'animation des recherches en systèmes plus particulièrement dans ses domaines de prédilection : la synchronisation, la protection et l'ordonnancement temps réel du processeur. En matière d'enseignements il a tenu pendant toute sa carrière le cours de systèmes principal mais aussi un cours de programmation après son élection comme successeur de Raymond. Il a également été président du département Mathématiques-Informatique pendant longtemps avec les innombrables difficultés de ce rôle. Il a toujours soutenu les orientations du Cédric. Je pense vraiment que s'il n'était pas venu au Cnam, la trajectoire de l'informatique aurait été profondément différente et probablement moins favorable.

Cette situation de formalisation du laboratoire – pour des raisons budgétaires notamment – se retrouve-t-elle ailleurs dans le Cnam à cette époque ?

Je crois pouvoir dire qu'on a été assez novateur de ce point de vue.

Quand je suis arrivé on avait un système à l'ancienne, c'est-à-dire totalement discrétionnaire et déterminé par les chaires. Un professeur allait directement dans le bureau de l'administrateur et recevait ou non un accord pour une demande de crédit ou de poste. L'attribution pouvait être aussi déléguée à une commission mais le fonctionnement était assez similaire avec un rôle assez discrétionnaire du président. Il s'agissait de relations de personne à personne. La référence à un véritable cadre d'activité ne pouvait provenir que du décideur qui pouvait avoir une bonne perception, mais pas toujours. Ainsi je peux dire que certains professeurs avaient un gros budget sans activité recherche et certains faisaient de la recherche et ne touchaient rien, parce qu'ils n'avaient pas la bonne carte de visite ou ne jouait pas assez le jeu. Dans ce cadre, l'informatique était sous-dotée en termes de crédits, parce que ce n'était pas une discipline traditionnelle du Cnam, comme la physique, la chimie, la mécanique…, des disciplines techniques nobles et bien installées. La création du Cédric a eu pour objectif de montrer cette disproportion en présentant le volume réel d'activité de recherche en informatique qui était devenu très significatif. Un mouvement similaire avait déjà eu lieu dans les universités, avec par exemple les gros laboratoires de recherche de Paris 6, et déjà un découpage en laboratoires plus spécialisés (réseaux, théorie, intelligence artificielle). Au Cnam, il n'y avait pas assez de chercheurs informaticiens pour faire plusieurs laboratoires en informatique. On a regroupé d'abord tous les informaticiens. Il est resté des laboratoires isolés par exemple en analyse numérique ainsi qu'en électronique. Même pour ces disciplines il est finalement apparu qu'il était plus profitable de se présenter avec l'informatique, pour récupérer des budgets répartis selon des critères clairs.

Ce qui n'est pas souhaitable, c'est que l'informatique devienne une grosse discipline installée, fossilisée par les années et le vieillissement des hommes.

Outre les chaires et départements, depuis les années 1960 les instituts se sont créés, comme l'Institut d'Informatique d'Entreprise (IIE), dont certains membres ont participé à la création du Cédric, mais aussi d'autres qui abritaient de la recherche. Pourquoi ne vous y êtes-vous pas agrégés, ou pourquoi n'en avez-vous pas créé un ?

Les instituts du Cnam sont des structures ayant une grande autonomie en particulier en matière budgétaire. On a donc demandé à créer le Cédric comme un institut en 1988, mais cela a été refusé. Probablement parce que la direction ne voulait pas d'un grand nombre d'instituts de petite taille et trop autonomes.

L'IIE est resté dans les locaux du Cnam au 2 rue Conté pendant longtemps mais s'est trouvé à l'étroit et a voulu avoir des locaux dignes d'une grande école. Après beaucoup de projets (Montpellier, Sophia Antipolis) et de rebondissements

l'IIE est arrivée à Évry, dans les locaux inoccupés d'un IUT de mécanique. L'institut s'est trouvé séparé géographiquement du Cnam et assez éloigné. Il est devenu de plus en plus difficile de faire des choses en commun, même si j'y ai beaucoup enseigné. J'ai réalisé avec Alain Cabanes des opérations d'équipements informatiques pour l'école mais le déplacement était très pénible. Jusqu'à ce que le Cnam se débarrasse purement et simplement de cette école et que l'Université d'Évry la récupère. Pour moi c'était une erreur stratégique d'abandonner l'IIE car le Cnam y a perdu beaucoup de synergies, beaucoup de surface en nombre d'ingénieurs diplômés, en effectifs de chercheurs. Mais c'était peut-être inéluctable dès lors que Cabanes avait emmené l'IIE à Évry.

Qu'est ce qui a été maintenu dans l'avant et l'après Cédric, en termes de thèmes de recherche ?

Je ne saurais répondre précisément. Il y a une évolution finalement très lente des choses qu'on ne perçoit pas facilement. Cette question pose aussi le problème de la politique de recherche qui est un problème épineux.

J'ai fait beaucoup de rapports d'activité recherche pour l'évaluation du laboratoire. C'est un art technocratique car il faut montrer une politique de recherche en termes d'orientation thématique, de répartition des moyens et des postes qui soit bien reçue par les experts. Après les expertises, on me donnait des avis contradictoires qui n'avaient pas forcément une rationalité claire. Une année nous étions trop petits, la fois suivante trop gros. Une année nous étions trop centrés et l'année suivante trop dispersés. Je suis devenu très philosophe sur ce sujet, voire très iconoclaste. Plus le temps passait moins j'y croyais. En gros j'ai commencé à fabriquer la politique de recherche du laboratoire par la façon de présenter l'activité constatée sous ce que je pensais être l'angle le plus favorable. J'essayais, a posteriori dans mes rapports, d'expliquer que le laboratoire avait une vision des objectifs, avec des directions thématiques, des orientations dans la politique de moyens et de postes. Mais c'était pour faire plaisir aux experts et aux apparatchiks du Ministère. En fait, à partir de ce que l'on pouvait réunir de l'activité réelle, je choisissais un éclairage. Il me semble que beaucoup de laboratoires font comme ça.

Dans la réalité, la marge de manœuvre du responsable dans la conduite d'une politique de recherche est très faible. Les individualités, très grandes en France, s'expriment dans les choix thématiques personnels, et dans les décisions des conseils et des commissions de spécialistes. Le responsable de laboratoire ou même le conseil de laboratoire n'ont pas un pouvoir d'orientation très fort. Certes ils peuvent énoncer des choix mais les faire appliquer est très difficile.

Le laboratoire a montré une permanence sur une longue période dans plusieurs thèmes – j'en oublie peut-être certains : Programmation et sémantique

des programmes ; Optimisation combinatoire (recherche opérationnelle) ; Système temps réel et réseaux ; Multimédia et interfaces homme machine ; Bases de données ; Informatique de gestion. D'autres thèmes existaient, avec des effectifs moindres.

Mon but en tant que responsable, c'était d'obtenir le maximum de crédits institutionnels et de les répartir le plus équitablement possible en préservant les chercheurs au maximum de l'activité administrative. La seule chose demandée aux chercheurs était de faire un rapport d'activité annuel. On assurait comme cela un minimum sur les crédits d'infrastructure, par exemple une mission par an et un ordinateur tous les deux/trois ans par chercheur. Si l'équipe voulait plus, elle devait aller chercher des contrats. Aujourd'hui, cette dotation d'infrastructure est battue en brèche par une politique contractuelle, où les gens passent leur vie à monter des projets qui prennent beaucoup de temps à élaborer et qui n'aboutissent pas souvent. Quand ils aboutissent il leur faut fournir des livrables fréquents et volumineux qui sont souvent très creux mais qui demandent beaucoup d'énergie.

Personnellement je voulais surtout qu'on laisse du temps aux gens pour travailler sur le fond. Le vrai travail ce n'est pas de faire un contrat c'est de réfléchir ensemble au tableau, expérimenter et sortir des articles au terme du processus.

Quelle a été l'évolution du laboratoire ? En termes administratifs, d'abord : il y a eu plusieurs tentatives de le transformer en UMR du CNRS, par exemple ; ou encore, l'évolution en termes de contrats. En termes de milieu scientifique : quelles étaient les collaborations avec d'autres équipes de recherche ?

Pour chaque période quadriennale, on se mobilisait pour obtenir la reconnaissance du laboratoire avec ce rapport d'activité et des présentations de travaux d'équipes. Le minimum c'était d'être reconnu en tant qu'équipe d'accueil, et si possible avec des budgets les plus élevés possible. Pour ce qui me concerne cette étape s'est toujours assez bien passée même si quelquefois je n'ai pas récupéré assez d'argent.

Il y avait ensuite la reconnaissance comme équipe CNRS. Elle nous aurait amené principalement du prestige, mais on n'a jamais pu l'avoir. Au début il est probable qu'on n'avait pas une taille suffisante. Mais le Cnam s'est développé en informatique. Je me souviens qu'à un moment on a été le septième établissement universitaire en France pour le nombre de postes en informatique. Ce qui veut dire que des équipes plus petites étaient reconnues par le CNRS et pas nous. Mais nous avions certainement trop d'enseignants sans aucune activité recherche. Un autre élément est apparu. Le Cnam est un grand établissement et pas une université. Et puis il y a eu ce blocage majeur qui est que le Cnam se situe au centre de Paris et que la recherche en France est beaucoup concentrée à Paris intra-muros. La poli-

tique CNRS en la matière dans les années où je m'occupais du labo était d'infléchir cet aspect hégémonique et de dynamiser les provinces. Ce n'était pas tant l'examen scientifique du dossier dont il était question, mais davantage une politique d'aménagement du territoire. Alors on nous faisait des remarques diverses sur notre dossier qui ne traduisait peut-être pas la raison réelle du refus. Il faut retenir aussi que le CNRS est une tour que défendent ceux qui y sont entrés contre ceux qui sont à l'extérieur. Ceux qui sont rentrés se partagent un gâteau assez limité et si on laisse rentrer trop de monde les parts deviennent trop petites. Après beaucoup d'efforts et pas mal de candidatures j'ai perdu le moral. Et j'ai considéré qu'on perdait du temps avec le CNRS et que ça n'avait pas tellement d'importance d'être ou ne pas être CNRS. L'essentiel c'était de faire de bonnes publications que ce soit avec un logo ou pas en bas de la première page de l'article.

L'activité contractuelle a été en développement constant. Au départ, on était admiratifs devant la contractualisation incroyable de certains domaines au Cnam, par exemple en physique nucléaire qui avait deux millions d'euros de contrats par an, et faisait des recherches très intéressantes. Nous étions tout petits, mais progressivement des gens ont fait des dossiers et nous sommes montés en niveau pour le volume des contrats. Par exemple notre équipe a fait plusieurs contrats avec le LAAS de Toulouse, qui était devenu un centre national pilote pour la sûreté de fonctionnement.

On a beaucoup collaboré avec Paris 6, et les bourses de thèses venaient notamment des DEA communs qu'on faisait avec eux. Personnellement j'avais passé mes deux doctorats à Paris 6. Mais à Paris 6 ils étaient plus de deux cent sur poste, et n'avaient donc pas besoin de nous qui étions entre cinquante et soixante-dix ; avec les doctorants on dépassait à peine 100 personnes. Le Cédric n'était pas une usine et moi-même je n'ai jamais eu plus de deux ou trois doctorants en même temps.

À l'international, on a travaillé avec différentes universités. L'Université de Louvain par exemple, sur la question d'UNIX – c'est Humberto Lucas et Claude Kaiser qui avaient les contacts. Moi j'étais en relation avec l'Université de Turin sur l'évaluation de performance et de sûreté de fonctionnement.

Pour conclure, le Cédric a été une coquille pour donner un cadre de travail aux chercheurs, du moins c'est le rôle que j'y ai joué pendant cette longue période où j'y suis resté [G. Florin a pris sa retraite en 2009]. Il y avait une règle que personne n'a jamais respectée : quand on était responsable de pôle, avec donc la main sur les crédits de fonctionnement, on avait droit de faire trois fois trois ans. Au bout de neuf ans de responsabilité du pôle informatique, j'ai voulu respecter la règle. On m'a dit que ce n'était pas grave si je ne respectais pas cette règle. J'ai quand même décidé de ne plus être responsable de pôle. J'étais probablement un peu fatigué, Mais ça voulait dire que

je n'avais plus la clef de répartition du budget, donc je ne pouvais plus défendre correctement le Cédric. J'ai donc abandonné peu après la responsabilité du Cédric. Marie-Christine Costa a repris ce travail.

En définitive, on est frappé dans cette histoire de voir que cette montée en science de l'informatique au Cnam s'est faite à partir de collaborations entre des gens aux statuts très différents : vous avez été maître assistant, professeur d'université, responsable de ce laboratoire de calcul qui avait une fonction support, puis fondateur du laboratoire de recherche et responsable du budget recherche du pôle informatique... Pour ne parler que du noyau dur : Claude Kaiser était titulaire de chaire ; Humberto Lucas et Bernard Martin, ingénieurs ; Stéphane Natkin est passé d'ingénieur à ingénieur docteur puis maître-assistant, professeur, et enfin à son tour titulaire de chaire et fondateur d'un institut. En sus, l'acquisition de cette légitimité scientifique n'était pas départie d'une acquisition compliquée de moyens et de ressources.

Il n'y avait pas une vision très hiérarchique dans nos rapports. C'était certainement lié aux personnes plus qu'à leur rang. Le contact avec Kaiser, par exemple, était très direct. On s'est tutoyés tout de suite. Je ne pense pas avoir été un directeur de laboratoire distant. Je discutais avec tout le monde. Quand j'ai pris cette fonction, je me suis rendu compte qu'un chef est celui qui met ses employés dans la meilleure position pour travailler efficacement, et non pas quelqu'un qui commande brutalement.

Il est vrai aussi qu'après mai 68, dès qu'on voulait faire une tentative d'autorité, ça ne marchait plus. Il m'est arrivé de vouloir supprimer la prime d'un ingénieur qui ne venait plus au travail depuis trois mois, on m'a expliqué que ce n'était pas possible. Le rejet de l'autorité était délirant. J'ai été aussi à la commission paritaire du personnel CNRS avec le directeur adjoint, et on traitait du cas des gens qui ne venaient pas bosser, ceux qu'on ne voyait pas au boulot : les syndicats ne voulaient pas qu'on y touche, un point de vue à mon sens difficilement tenable à long terme.

Les positions hiérarchiques étaient aussi difficiles à manifester quand on n'avait peu de moyens à répartir ni de locaux adéquats. Mon bureau de responsable du laboratoire de calcul faisait quelques mètres carrés très sombres dans un bout de couloir en sous-sol, donc pratiquement tout le temps à la lumière électrique. La secrétaire était juste à côté dans un réduit identique. En face, dans le même couloir, il y avait le laboratoire d'économétrie dirigé par Jean Fourastié, un professeur du Cnam de stature internationale. Ce laboratoire était logé dans une grande pièce où il était souvent difficile de rester tant il y avait de personnes et de dossiers partout. Donc Jean Fourastié, inventeur des Trente glorieuses, s'asseyait sur un

banc dans le couloir devant ma porte et dirigeait là les travaux de ses doctorants. Ça me gênait beaucoup de voir ça.

Bibliographie

Florin G. & Natkin, S. (1985). « Les réseaux de Petri stochastiques ». *Technique et Science Informatiques,* 4(1), pp. 143-160.

Neumann C., Petitgirard L. & Paloque-Berges C. (2016). « Le Cnam, un lieu d'accueil, de débat et d'institutionnalisation pour les sciences et techniques de l'informatique ». *Technique et Science Informatiques,* 35(4-5), pp. 584-600.

Petitgirard L., Neumann C., & Paloque-Berges C. (2016). « "J'ai eu une carrière à l'envers" : entretien avec Claude Kaiser, titulaire de la chaire d'informatique-programmation du Conservatoire national des arts et métiers ». *Technique et Science Informatiques,* 35(4-5), 2016, pp. 557-570.

Paloque-Berges C. (2017). « Mapping a French Internet experience : a decade of Unix networks cooperation (1983-1993) ». In G. Goggin & M. McLelland (dir.), *Routledge Companion to Global Internet Histories.* New York : Routlegde, pp. 153-170.

Turner F. (2012). *Aux sources de l'utopie numérique.* Caen : C&F Éditions.

Entretien avec Viviane Gal

Réalisé le 7 avril 2017
en présence de Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard *(Cnam, HT2S)*.

Viviane Gal a eu plusieurs postes administratifs depuis son arrivée en 1981 au Cnam, et une carrière longue au sein du laboratoire Cédric. Recueillir son témoignage signifie occuper le poste d'observation d'une actrice parallèle, néanmoins indispensable, du processus d'institutionnalisation de l'informatique au Cnam. En assurant la veille sur les archives du laboratoire, elle est à la fois une mémoire vivante et administrative de cette histoire. Cet entretien ajoute une pierre à la collecte de mémoire du laboratoire.

L'entretien insiste sur le tournant de la constitution du Cédric, pour mettre en avant les conditions matérielles (personnels, machines, relations à l'établissement) qui ont présidé à sa fondation. À travers la carrière de V. Gal, on saisit les grandes évolutions de l'informatique au Cnam, l'entretien donnant un éclairage sur les dynamiques institutionnelles de recherche dans l'établissement. La permanence de certaines structures et hiérarchies, qui s'articule avec la flexibilité des postes et des personnels, est ainsi mise au jour.

À une autre échelle, il indique la nature des tâches indispensables au développement des activités d'enseignement et de recherche en informatique. Par exemple, le suivi des élèves, particulièrement le cycle C et élèves ingénieurs, qui sont un point d'articulation entre formation et recherche au Cnam.

Ces tâches se sont complexifiées et diversifiées au fil du développement du laboratoire : le Cédric compte aujourd'hui 160 personnes (en comptant les doctorants et rattachés, personnels non Cnam), avec des liens internationaux forts tissés dans le temps, en particulier avec le Canada et l'Allemagne, mais aussi de nouveaux partenaires pour des thèses en co-tutelle, et des professeurs invités des quatre coins du monde (Maghreb, Chine, Japon, Brésil, Corée, Australie…).

Cet entretien doit enfin être compris comme une contribution aux recherches récentes tant sur la place des femmes dans l'histoire de l'informatique et du numérique, que des prosopographies d'acteurs techniques, administratifs, des acteurs de

la maintenance, des rouages trop longtemps considérés comme secondaires, alors qu'ils assurent et soutiennent le développement des structures d'enseignement et de recherche.

Bonjour Viviane Gal, et merci de partager avec nous votre témoignage. Vous êtes toujours en poste au Cnam, ingénieure d'études et responsable administrative, financière et technique du laboratoire Cédric. Quelle est votre formation initiale, comment êtes-vous entrée au Cnam et avez-vous découvert l'informatique ?

Je suis entrée au Cnam le 11 mai 1981 à l'INTEC, en commençant par travailler à l'heure au service pédagogique comme dactylo. J'ai commencé sur les vieilles machines IBM à boules[1] au service pédagogique de l'INTEC. Auparavant, j'avais été formée en gestion financière et comptable, ainsi qu'en études cosmétiques et esthétiques. J'ai appris toute seule à taper à la machine.

J'ai été contactée après avoir réussi un test. Je répondais aux critères du directeur adjoint qui travaillait avec le Professeur Pérochon[2]. Ensuite, on a eu besoin de moi pour remplacer une personne partie en congé maternité – cette personne relisait tous les manuscrits écrits par les professeurs pour les cours par correspondance de l'INTEC. Je me sentais bien dans ce nouvel endroit, car j'ai entre autres côtoyé M[lle] Fourastié[3] qui faisait des mathématiques financières, des statistiques, et avec qui on échangeait sur les erreurs trouvées dans les cours – elle m'a encouragée à continuer, elle était très sympathique. Mais je ne voulais pas rester dans cette situation de poste horaire.

En 1982, je suis passée sur un poste de secrétaire contractuelle, à la chaire Informatique Programmation détenue par le Professeur Raymond depuis 1973, suite au départ de la secrétaire titulaire. C'était au moment où Claude Kaiser y prenait ses fonctions en 1982. Je les entendais parler un jargon que je ne comprenais pas donc je me suis dit que j'allais suivre les cours d'informatique au Cnam, ce que j'ai fait à partir de 1983. J'avais un bac scientifique, j'ai passé le cycle A, et j'ai voulu continuer en B, C et le diplôme d'ingénieur. Maintenant, je suis en thèse. C'est important de connaître le vocabulaire, et je ne voyais pas comment faire autrement. J'avais commencé par suivre les cours au Cnam avec Michel Politis, quelqu'un qui a aussi joué un rôle dans l'établissement[4].

1 Les machines à boules IBM étaient des machines électriques améliorées : le système des boules, développé par IBM, servait à changer les polices de caractères.

2 Voir l'article consacré à Claude Pérochon, écrit par Jean-Yves Degos, Claude Levant et Laurence Morgana dans les *Cahiers d'histoire du Cnam* n° 6, 2016/2, pp. 57-82.

3 Voir l'article consacré à Jean Fourastié, écrit par Régis Boulat, dans les *Cahiers d'histoire du Cnam* n° 6, 2016/2, pp. 17-33.

4 Les cours de M. Politis au département Mathématiques-Informatique concernait l'Apprentissage de la bureautique et l'Initiation à l'informatique ; il a publié plusieurs ouvrages sur l'informatique, par exemple la synthèse *Pour comprendre l'informatique,* INSEP Institut supérieur d'éducation permanente, 1982.

Quelles étaient les attentes sur votre poste de secrétariat de chaire en Informatique Programmation ? De quel matériel disposiez-vous ?

Il s'agissait, entre autres, de taper les sujets d'examen, de répondre au téléphone, de renseigner les élèves. Il y avait beaucoup d'inscrits, pas comme aujourd'hui – par exemple environ 2 000 en initiation à l'informatique. Mais ça n'était pas structuré exactement comme aujourd'hui (initiation, programmation, etc.), car les cursus ont changé au fil du temps. Après avoir suivi Initiation à l'informatique et Informatique générale, on abordait les bases de la Physique (électricité, mécanique et physique nucléaire[5]) ; la formation en Mathématiques pour l'informatique arrivait en fin de cycle A. Il y avait un tronc commun puis des spécialisations en cycle A. En cycle B, on choisissait davantage l'orientation : informatique fondamentale, scientifique, ou d'entreprise. Les cours d'« Info-géné » étaient donnés par Paul Namian et se déroulaient en amphithéâtre, à l'ENSAM[6] : tout était plein, on s'asseyait sur les marches, c'était dément ! Les sujets d'examen étaient des QCM : Namian posait une grille pour corriger, et il enlevait la probabilité qu'on ait répondu au hasard. Le processus était automatisé. « Info-géné » était un approfondissement de ce qui avait été vu en Initiation, et on parlait un peu de langages de programmation. Puis, il fallait avoir fait le cours IPA [Informatique programmation A] avant de pouvoir faire les TP qui se déroulaient en salle machine sur les Vax VMS. Certains avaient les premiers ordinateurs personnels, dans mon cas un Amstrad 128k – toute la nuit mon imprimante tournait quand je faisais de l'analyse numérique ; mais ce n'était pas possible de faire de la double précision[7], qu'on ne pouvait faire qu'au Cnam. On devait venir le soir, et les salles étaient pleines. L'accès aux salles machines était très difficile. Le laboratoire de calcul donnait accès à ces ressources, l'imprimante, le papier perforé.

La journée, au secrétariat, je suis passée sur une console VT100 reliée au Vax, après l'IBM à boules. Il a fallu apprendre Vi, un éditeur de texte[8]. Toutes les formules étaient entrées dans un pseudo-langage[9]. On ne voyait rien à l'écran : il fallait attendre l'impression, mais il fallait aussi économiser le papier. Le Vax servait aux tâches des secrétariats du laboratoire d'informatique, de la chaire Informatique Programmation, et de l'enseignement. Pour les services centraux, il y avait un système informatique de gestion à part (SIG), c'était cloisonné.

5 Donné notamment le professeur Salmon.

6 L'École nationale supérieure des arts et métiers, où le Cnam louait des salles, et ce jusqu'à aujourd'hui.

7 Le nombre de chiffres après la virgule, qui se réduit en fonction de la capacité des processeurs et donc de la taille de la mémoire.

8 Vi est un éditeur de texte tournant sous Unix et fonctionnant sur le mode commande et insertion ; on l'associe souvent à nroff et troff (des langages de formatage de texte sous Unix) pour la sortie de texte et graphique.

9 Un pseudo-langage emprunte les caractéristiques graphiques des langages formels mais ne constitue pas un programme exécutable.

La chaire avait donc essentiellement une fonction d'enseignement ? Comment participait-elle au département Mathématiques-Informatique ? Quelles étaient les relations de l'enseignement avec l'industrie, et y avait-il des filières qui revenaient ?

Au sein du département, il y avait un conseil auquel tout le monde était invité. Les chaires d'enseignement étaient rattachées au département, et chaque enseignant était rattaché à une chaire. Parmi toutes ces personnes, celles qui étaient élues pouvaient voter au conseil de département. J'ai assisté plusieurs fois aux conseils. Il y avait des personnes très sympathiques comme Jean Ranchin[10], qui participait toujours activement aux discussions ; il y avait des échanges assez vigoureux. C'était comme une arène, avec des joutes verbales [rires]. Claude Kaiser défendait bien ses enseignements, ses recrutements, son service.

Il y avait un énorme afflux de candidats. Dans les années 1980, on manquait d'intervenants. On embauchait des vacataires pour faire des enseignements, car on avait une enveloppe énorme d'heures complémentaires – c'était relativement prospère. Il était également prévu qu'ils soient associés à la recherche. Claude Kaiser avait par exemple demandé à ce que des normaliens d'ULM viennent faire des cours dans le cadre de leur stage.

10 Sous-directeur du laboratoire micro-informatique, qui comme le laboratoire d'informatique/de calcul était un laboratoire de support aux enseignements, notamment sur les questions d'architecture informatique, micro-processeurs, etc.

Les examens probatoires étaient organisés par le département Mathématiques-Informatique. Il y avait des centaines de candidats, et donc beaucoup de travail pour la planification des oraux ; il a été décidé d'organiser deux sessions. Ces examens constituaient la dernière étape avec la valeur C avant d'entrer dans la préparation du diplôme d'ingénieur, qui comprenait un mémoire. La valeur C, très spécifique, correspondait à peu près au DEA. En tant qu'auditrice, j'ai moi-même suivi la valeur C en Systèmes informatiques dont certains cours étaient communs au DEA info co-habilité avec Paris 6 et qui était une co-habilitation de DEA en informatique avec Paris 6.

Avec les industriels, un peu plus tard, on avait beaucoup de collaborations sous la forme de contrats et de cours. Des stages de formation continue ont été montés en fonction de demandes d'industriels. Ces stages et leur suivi étaient gérés par le service de formation continue du Cnam, et non par la chaire. Cependant, chaque enseignant devait faire la maquette, la mettre dans le catalogue. À un moment donné, les enseignants en ont eu marre de faire de la formation continue car peu d'argent leur revenait, alors que c'était un gros investissement de leur part. Ils attendaient en retour des moyens pour améliorer leur quotidien, par exemple en achetant du matériel… Ils se sont donc moins investis dans la gestion des stages et formations continues.

Pour les filières industrielles, le domaine du système informatique re-

venait beaucoup. Il y avait également une formation spécifique pour les militaires en informatique d'entreprise[11]. Cette convention avec le ministère de la Défense a duré plusieurs années.

Que savez-vous des stagiaires ingénieurs, qui venaient valider leur mémoire d'ingénieur ? Comment étaient-ils financés, et à quoi participaient-ils ? Pour la période d'avant le Cédric, certains stagiaires étaient engagés sur des contrats de recherche avec des industries. Était-ce au titre de la chaire, du département, ou du laboratoire de calcul ?

Certains ingénieurs venaient un an pour faire leur mémoire à plein temps, car ils étaient financés. Les stagiaires ingénieurs allaient dans une salle qui leur était dédiée, mais ce n'était pas simple de les accueillir à cause des problèmes de locaux. En tant que secrétaire de chaire, je ne gérais que les mémoires rattachés au cursus Informatique fondamentale chapeauté par Claude Kaiser[12], qu'on consignait dans nos rapports d'activité envoyés au Ministère. Les ingénieurs travaillaient avec les chercheurs – parfois sur un bout de table, sur une machine quand on pouvait. Les mémoires étaient souvent orientés vers la recherche, pas comme les mémoires d'ingénieur classiques, mais cela dépendait des candidats. Ils avaient déjà une bonne connaissance de l'informatique, car ils avaient l'équivalent du cycle B et une expérience professionnelle requise pour valider le DEST[13]. Quand ces personnes étaient prises chez nous, cela permettait de valoriser les travaux de recherche de certains chercheurs. Le financement correspondait aux Fongecif, c'est-à-dire les congés individuels de formation. Dans ce cadre, les entreprises cotisaient pour la formation de leurs employés. Mais il n'y avait pas assez d'encadrants. On ne pouvait pas accueillir beaucoup d'ingénieurs, il y en avait donc davantage en entreprise. Tout était question d'accueil, et on est toujours confronté à ça aujourd'hui : on n'a pas de place.

Il y avait jusqu'à six ou sept élèves ingénieurs en même temps sur congés individuels de formation pour la formation d'ingénieurs à plein temps et certaines soutenances avaient lieu en région. Chaque responsable d'enseignement à Paris donnait son aval pour les sujets d'examen en région. Les centres de Grenoble, ou ceux du sud de la France, étaient particulièrement investis pour nos formations. Il y avait parfois des relations privilégiées entre deux enseignants mais c'était davantage lié aux personnes,

11 Mise en place par le Professeur Pierre Mathelot, professeur titulaire de la Chaire d'Informatique d'Entreprise.

12 Chaque cursus était chapeauté par une chaire : par exemple, la Chaire de Génie logiciel (Jacques Printz), la Chaire d'Informatique d'Entreprise (Pierre Mathelot)…

13 Le diplôme d'études supérieures techniques a été délivré par le Cnam de 1957 à 2008, diplôme d'établissement de niveau Maîtrise (Bac + 4) inscrit au répertoire national des certifications professionnelles (RNCP) depuis 1981.

et les enseignants de région étaient tous des industriels.

Je n'ai pas vu passer de contrats en tant que secrétaire de chaire. Ça n'était probablement que des contrats individuels, car un chercheur pouvait établir un contrat avec un industriel sur un sujet de recherche. Il pouvait faire du conseil ou engager des collaborations de recherche sans passer par le département. Les conventions avec l'établissement n'existaient pas encore. Après la création de l'entité officielle Cédric, c'est devenu plus facile, j'ai vu des contrats se matérialiser. Au niveau du laboratoire de calcul à proprement parler, c'est surtout les personnes impliquées dans son administration qui géraient cela : Gérard Florin, Bernard Martin, Jean-Christophe Hanout, Philippe Razac ou encore Frédéric Sourdillat.

Vous avez été témoin de la genèse du projet de laboratoire de recherche, en lien avec le laboratoire de calcul. Le projet émanait-il explicitement et officiellement de la chaire ? Ou était-ce plus flou ? Quelles étaient les frontières entre ces deux laboratoires ? Qui faisait quoi ?

C'était beaucoup plus flou. Claude Kaiser était au cœur de tout cela en tant que titulaire de chaire. Mais son investissement dans ce projet de laboratoire relevait de quelque chose de plus collégial. Un service s'était monté pour mutualiser les choses entre deux chaires : le service IPIE, Informatique Programmation Informatique d'Entreprise[14]. Pour certaines tâches, c'était mieux d'avoir quelque chose de plus macro.

Claude Kaiser dialoguait beaucoup avec Gérard Florin, qui s'occupait du laboratoire de calcul. À l'époque on était situé au même niveau, au sous-sol de l'accès 17. Le bureau de Claude Kaiser était dans le local du laboratoire de calcul, dont une partie était fermée à clef. Mon bureau, ainsi que la salle de TP étaient juste à l'extérieur du local[15], mais j'étais surtout sur les services pédagogiques ; c'est Françoise Bonhoure qui gérait le secrétariat du laboratoire de calcul. [Du point de vue de l'organigramme] la chaire Informatique Programmation se situait au sein du département Mathématiques-Informatique. Et le laboratoire également, plus ou moins : il avait ses propres crédits, mais fonctionnait toujours avec le département, par exemple pour la mise en place de nouveaux TP, et participait aux conseils de département. C'était imbriqué. Chacun avait cependant un peu son univers, les rôles étaient bien définis. Par exemple, du point de vue du statut administratif, Daniel Lippmann était strictement affecté au laboratoire de calcul. Tout ce qui relevait du matériel, c'était le laboratoire de calcul qui s'en oc-

14 Correspond au regroupement des deux chaires pour factoriser certaines actions, comme les demandes postes et de moyens par exemple.

15 Voir l'entretien avec Gérard Florin dans ce même volume, qui revient justement sur les conditions pratiques et raisons administratives de ces choix de localisation du laboratoire de calcul.

cupait, et même le Cédric plus tard s'est appuyé sur lui – on passait par Philippe Razac par exemple, qui était ingénieur système au laboratoire de calcul. On travaillait main dans la main. Le laboratoire de calcul s'occupait aussi de donner des préconisations : ils faisaient de la veille sur ce qui était demandé au Ministère, les orientations qu'il donnait, les besoins à remplir. Le laboratoire de calcul a ensuite été phagocyté par la DSI [Direction des Systèmes d'information – au cours des années 1990], et a disparu en tant que tel.

Mais il y a bien eu une marche vers l'idée de fédérer les recherches en informatique. En 1986-1987, Claude Kaiser a imaginé le Cédric car tout était dispersé. Beaucoup collaboraient avec Paris 6, dont j'entendais beaucoup parler, par exemple Daniel Enselme qui travaillait sur les langages naturels, plutôt côté université, et qui a réalisé une grande partie de sa carrière au Cnam. C'est pour fédérer la recherche que Kaiser a voulu mettre en place le laboratoire Cédric, pour que les assistants[16] fassent de la recherche, qu'ils puissent devenir professeurs. Il y avait d'abord des discussions en petit groupe : Claude Kaiser, Gérard Florin, Stéphane Natkin, puis, avec notamment Bernard Lemaire [recherche opérationnelle] Jacques Vélu [mathématiques] qui étaient également au département Mathématiques-Informatique[17]. Ce n'était pas toujours simple – la principale peur concernait le financement, le nerf de la guerre. Je me souviens de l'implication des chercheurs en Informatique d'entreprise, par exemple sur le thème des bases de données, comme Alain Cabanes et Étienne Pichat. L'Institut d'Informatique d'Entreprise (IIE) était localisé également à l'accès 17, mais au 2e étage. Il y avait donc beaucoup d'interactions.

Qu'est-ce que la création du Cédric en 1990 a changé dans le paysage administratif ? Quelle incidence cela a-t-il pu avoir sur vos fonctions ?

Il fallait monter des dossiers, construire, gérer. Claude Kaiser m'a sollicitée pour les aider à monter le dossier labo, avec Gérard Florin et Stéphane Natkin. J'ai accepté en disant qu'il fallait trouver quelqu'un d'autre pour gérer le dossier. Aujourd'hui, je ne travaille que pour le Cédric, qui regroupe bien plus de la une dizaine de personnes à l'origine. Ça m'intéressait, j'aimais bien que ça bouge donc je suis partie dans la direction du laboratoire. On a commencé à fonctionner « en Cédric » dès 1988. On utilisait les mêmes locaux qu'avant. Je faisais tout : chaire, IPIE, probatoires du département… Et on avait rajouté le secrétariat de laboratoire dans mes fonctions. On a demandé à recruter quelqu'un de plus à la chaire, car cela faisait beaucoup, et des courriers ont été faits à la direction en ce sens. Ce n'était pas comme aujourd'hui, car on avait moins de

16 Les assistants, ou « maîtres assistants », étaient les Maîtres de conférences de l'époque.

17 Le département s'est scindé en deux au cours des années 1990.

gestion et moins de limites dans le choix des contractuels : quand on voulait recruter quelqu'un sur contrat, on envoyait une lettre aux ressources humaines, en indiquant de combien d'argent on disposait pour le recrutement, et eux s'occupaient de tout. Il fallait cependant argumenter pour justifier le poste. Mais obtenir des moyens était aussi difficile qu'aujourd'hui : il fallait crier fort, donner des chiffres comme le nombre d'inscrits. On avait d'abord des gens à temps partiel de manière très ponctuelle. On a finalement eu des contractuels après plusieurs années ; l'un d'entre eux est toujours là, Hassan Labiah. Finalement, une personne s'est consacrée à la pédagogie et moi au côté recherche, car il fallait gérer les rapports, les comptes rendus de l'activité du labo… On faisait tout à la main ! Le Cédric était à ce moment-là considéré comme un institut du Cnam, car c'était plus simple pour avoir notre propre existence et notre propre gestion, sinon on était confondu avec le reste. Il fallait s'architecturer avec le reste de la maison.

Les laboratoires étaient souvent attachés à des départements, mais pour exister et demander des moyens, il fallait sortir de cette structure. Le département avait pris de l'ampleur, et il y a eu des conflits. Le seul moyen d'éviter ces conflits était de se séparer. Toutefois on a toujours gardé des relations avec le département, car ses membres sont enseignants-chercheurs. Le laboratoire, petit à petit, a grandi. Avec plus de 160 chercheurs aujourd'hui, il a pris son envol. Aujourd'hui, on est plus dissocié. Il y avait des machines payées par le Cnam dans le labo d'informatique. On utilisait les ressources du laboratoire, qui continuait à exister – le Cédric a vécu en parallèle.

Dans le cadre des projets européens, nous avons travaillé à l'époque avec une monnaie commune : l'écu. Le premier projet européen avait été porté par Véronique Donzeau-Gouge. En termes de partenariats industriels, on a beaucoup travaillé avec France Télécom, la SNCF ou encore EDF, mais aussi des petites entreprises, à qui on ne demandait pas beaucoup en échange car ils avaient peu de masse financière. Au départ, les financements des industriels étaient tout petits mais on avait la subvention du Ministère. La tendance s'est renversée en matière de financements, car avec les années sont venues les restrictions ; maintenant, la subvention du laboratoire, c'est *peanuts*, et ça se réduit comme une peau de chagrin. Mais on ne peut pas non plus passer plus de contrats qu'on en a déjà. Dans le dossier de création du Cédric en 1988, il était stipulé que le laboratoire ne demanderait pas de fonds supplémentaires au titre de la nouvelle structure. Il n'y avait pas de moyen à mettre dans la recherche, c'était clairement établi. Donc il fallait trouver des fonds ; c'est encore plus vrai aujourd'hui. C'est notamment pour ça que les relations avec les industriels se sont multipliées, d'autant que le Cnam forme des ingénieurs et cultive ces relations. Les relations avec les industriels permettaient de passer des contrats qui rapportent de l'argent, sur la base des

relations de personne à personne, qui ont déjà travaillé ensemble : on part de l'individu pour arriver aux équipes. Moi-même je suis partie en stage chez Alcatel CIT[18] à Lannion pour valider mon DEST – une période hors-Cnam, mais sur mes congés cumulés. Certains industriels sont passés par la formation ont monté des entreprises et ils continuaient à penser au Cnam, donc il restait des contacts, notamment pour des stages.

Vous souvenez-vous d'événements de recherche organisés par le laboratoire naissant, des séminaires par exemple ? En termes de production scientifique, quels comptes deviez-vous rendre à l'administration, et comment ?

Il y avait bien des séminaires surtout au niveau des enseignements de la valeur C, donc des séminaires recherche. Le séminaire « Informatique systèmes » fonctionnait ainsi, invitait des intervenants extérieurs. La valeur C sur les réseaux de neurones menée par Fouad Badran fonctionnait également ainsi. Mais aussi en informatique-programmation avec Véronique Donzeau-Gouge, et Anne-Marie Rasser, aujourd'hui décédée, qui avait participé au Grégoire[19]. En intelligence artificielle, avec François Villemin, aujourd'hui à la retraite, et tout un groupe autour de lui. Alain Cazes a fait beaucoup de choses ; il était déjà orienté multimédia et participait à une équipe de recherche qui a disparu aujourd'hui.

C'est moi qui ai mis en place la numérotation et la conservation des rapports, en rapportant la date de production du document pour suivre l'évolution. À l'époque, ça ne se passait pas comme aujourd'hui avec les publications dans des revues de recherche : les rapports étaient numérotés. On les estampillait comme preuve avant qu'ils n'aient été déposés dans une revue, pour protéger la propriété intellectuelle ; il fallait faire référence à la date à laquelle l'article était déposé pour ne pas que l'idée soit reprise par quelqu'un d'autre. Puis, ces rapports étaient soumis dans des conférences. Mais le système de dépôt dans les conférences était différent aussi. Il y avait des numéros, mais pas le nom des auteurs pour protéger l'anonymat. Il y avait une forme de classification des revues : *IEEE, ACM, SIGGRAPH*, qui existent toujours, étaient déjà parmi les meilleures.

On rendait à partir de là des comptes de publication, mais davantage au Ministère qu'au Cnam, pour obtenir notre subvention qui n'était pas versée par l'établissement mais directement par le Ministère. Aujourd'hui, ça passe par l'établissement. On était donc à l'époque

18 Alsacienne de constructions atomiques, de télécommunications et d'électronique, depuis 2006 devenue Alcatel-Lucent.

19 Le « GREGOIRE » est le nom collectif ayant publié chez Masson le Cours d'Informatique Programmation (cycle A du CNAM) initié par Claude Kaiser, et avec la participation de Gérard Benay, Véronique Donzeau-Gouge, Hua Than Té, Patrice Lignelet, Anne-Marie Rasser et François-Yves Villemin (en 2 tomes de cours (1986, 2e édition 1988) et 1 tome d'exercices (1990)).

en lien direct avec le Ministère, étiquetés équipe d'accueil depuis le début. Au début des années 1990, on a demandé à passer au CNRS pour la première fois. Pour avoir une meilleure reconnaissance, on voulait être reconnu par le CNRS. Cela a été refusé deux fois[20]. On réfléchit aujourd'hui à une troisième candidature avec un dossier différent. À partir du moment où on a eu les subventions du Ministère, c'était assez confortable : cela permettait de financer les colloques, les voyages des enseignants-chercheurs. On déclarait le nombre de personnes concernées, on disait ce qu'on avait besoin de renouveler en matière d'investissement matériel, etc. et en fonction de cela on avait, en retour, une enveloppe fléchée – le Cnam prenant un pourcentage au passage.

Le Cédric était un hybride : vu du Ministère, une équipe d'accueil ; vu du Cnam, un institut. En quoi le Cnam vous aidait-il dans ces activités de recherche ? Quelles étaient vos relations avec les autres laboratoires de l'établissement ?

Au Cnam, rien. Il fallait toujours se débrouiller. On n'avait pas d'appui, au contraire de la situation dans d'autres établissements. Au Cnam, initier une dynamique de recherche était difficile. C'était une « bonne idée », mais il ne fallait rien demander. On ne savait pas ce que faisaient les laboratoires, car on n'avait pas de chiffres. La Direction de la Recherche n'existait pas à l'époque ; c'est assez récent et elle n'avait pas de moyens financiers au départ. Elle a pris de l'ampleur, est devenue un vrai service aujourd'hui, et pas seulement deux ou trois personnes comme au début. Au départ, elle n'avait pas de fond propre. Le Cnam prenait un pourcentage de 15 % pour redistribuer dans l'établissement aux laboratoires qui n'avaient pas les moyens, ce qu'ils appelaient le BQR, le bonnus qualité recherche, voté par le conseil scientifique sur dossiers. Cela constituait une manière de financer, avec un peu de souplesse, les labos qui n'avaient pas de ressources. Nous, on récupérait généralement toujours notre mise. Le « préciput », autre source financière, est le pourcentage versé à l'établissement en supplément du budget d'un programme de recherche national retenu pour financement par l'ANR ; la DR le reverse pour aider à l'organisation de colloques, par exemple.

Le Cédric était toujours bien représenté au conseil scientifique de l'établissement. Au niveau des contrats doctoraux, il n'y avait pas d'école doctorale du Cnam jusqu'à tard, donc on participait à celle de l'ÉDITE de Paris[21], à laquelle nous sommes toujours rattachés grâce à une co-accréditation. Cela avait été mis en place à l'époque où nous avions monté un DEA commun avec Paris 6 à la fin des années 1980. Pour une question de visibilité, c'était bien d'être

20 Voir l'entretien avec Gérard Florin dans ce même volume.

21 École doctorale Informatique, Télécommunications et Électronique, composée des universités et écoles Paris-Descartes, ESPCI Paris Tech, Télécom Sud Paris, ISEP, Ircam, Inria, et Cnam.

avec eux car ils avaient une bonne presse. Aujourd'hui, on se pose des questions : c'est compliqué d'avoir des contrats doctoraux. La plupart sont attribués à Paris 6, qui fait la pluie et le beau temps. Aujourd'hui, devons-nous intégrer l'école doctorale du Cnam ?

Les premières thèses au Cnam étaient les doctorats d'ingénieur, dont je me souviens quand j'étais encore à la chaire Informatique-Programmation. Mais il y avait aussi des thèses d'État, que le Cnam ne pouvait pas faire soutenir. Stéphane Natkin, par exemple, avait passé un doctorat d'ingénieur au Cnam en 1982 puis avait passé sa thèse à Paris 6, commune avec Gérard Florin, tout en continuant à travailler au Cnam[22]. J'avais fait les petits papillons d'invitation pour leur soutenance et le pot après. Je me souviens bien de Stéphane et Gérard parce que j'étais proche d'eux. Le Cédric a accueilli des thèses de 3e cycle dès le début. C'est une des raisons pour laquelle il fallait créer une structure : une équipe d'accueil.

Revenons, pour terminer, aux machines. Est-ce que des associations ou organisations d'utilisateurs liées à des marques de constructeurs venaient au laboratoire de calcul, à la suite de l'AFCET qui avait fait un séminaire machine dans les années 1970 ? Vous souvenez-vous de l'évolution des ordinateurs, par exemple les stations Sun ?

En effet, l'AFCET venait au laboratoire[23]. Il y avait aussi toujours des gens qui venaient de chez DEC [le constructeur américain Digital Equipment].

Je me souviens bien des stations Sun. J'avais installé toute la salle des machines en 1992 pour les ingénieurs au département et au laboratoire de calcul, avec Gérard Benay, assistant, et Philippe Razac, administrateur de machines Unix et ingénieur système du labo de calcul. On avait acheté du matériel au niveau du Cédric et il fallait les installer – c'était une occasion pour moi de les manipuler. C'était une première pour moi de les pratiquer, mais je connaissais la théorie. C'est toujours les techniciens qui donnaient un coup de main au laboratoire parce qu'on n'avait pas de personnel pour ça au Cédric, et on n'a d'ailleurs toujours pas d'ingénieurs. Aujourd'hui, ce sont les ingénieurs du département qui participent à ces installations puisque le labo de calcul n'existe plus. Certains, comme Philippe Razac ont rejoint des départements, aujourd'hui équipes pédagogiques nationales. Il ne fallait pas mélanger la recherche au reste, donc on avait notre petit réseau pour faire des manips. Comme il y avait des besoins, du personnel du laboratoire de calcul enseignait au département… Moi-même, j'ai enseigné des

22 Voir l'article de Paloque-Berges et Petitgirard dans ce même volume.

23 *Idem*. L'AFCET (Association française pour la cybernétique économique et technique, fondée en 1968) est l'association savante historique pour l'informatique en France, et après plusieurs transformations est devenue la SIF, Société informatique de France.

TP et ED[24], mais seulement après un vote en conseil de département alors dirigé par Jacques Vélu, car l'administration centrale pensait qu'une administrative ne pouvait pas enseigner.

Le laboratoire de calcul était davantage dédié à la formation et à la recherche et la DSI [Direction des systèmes d'information] était le système informatique de gestion puis il y a eu la fusion, même si les personnels du laboratoire s'y sont opposés[25]. Puis l'informatique s'est diffusée de manière transverse – notamment à travers le multimédia. J'ai moi-même fait des formations pour le personnel Cnam sur les outils bureautiques (Excel, éditeurs de texte, etc.), de manière bénévole. C'était il y a longtemps, au début des postes de travail individuel. Je me rappellerai toujours de mon premier Mac : on voyait tout à l'écran. On sentait que c'était ça le futur, et il y avait une volonté de transmission. C'était aussi l'esprit de mon service : il y avait une dynamique, et ça nous plaisait. On était dans la mouvance, et ça bougeait tout le temps, on devait changer les polycopiés de cours chaque année, à la différence des Mathématiques par exemple. Cela faisait du boulot !

24 Travaux pratiques et Exercices dirigés.

25 Voir l'article de Paloque-Berges et Petitgirard dans ce même volume.

L'histoire du Cédric : penser un dispositif archivistique en histoire des sciences

Mise en œuvre d'une « fusée documentaire à trois étages »[1]

Gérald Kembellec
Laboratoire Dicen-Idf, Cnam.

Raphaël Fournier-S'niehotta
Laboratoire Cédric, Cnam.

Pierre Cubaud
Laboratoire Cédric, Cnam.

Résumé

Cet article présente la synthèse du travail de collaboration interdisciplinaire réalisé au Cnam entre des historiens des sciences et des techniques, des informaticiens et des chercheurs en sciences de l'information et de la communication. Autour de la genèse du laboratoire d'informatique du Cnam, une plateforme d'archivage numérique des documents historiques est modélisée et développée. L'enjeu principal est de rendre accessible les documents pour les chercheurs des disciplines concernées dont les pratiques diffèrent, aussi bien au cours du temps pour une même discipline, que de manière interdisciplinaire. Après un état de l'art des pratiques du domaine, l'article présente la modélisation retenue pour le projet, le développement de celui-ci, avec une attention particulière sur la valorisation des corpus.

Mots-clés : archives numériques, histoire, système d'information, classification multi-point-de-vue, recherche d'information.

1 Ce sous-titre — inspiré par une formule humoristique inventée par les auteurs de cette étude — symbolise les trois aspects de cette structure documentaire : le stockage physique, le modèle archivistique et les affichages.

Introduction

En 2018, le Centre d'Études et De Recherche en Informatique et Communications (laboratoire Cédric du Cnam, EA 4629) fêtera les trente ans de sa création officielle. Pour mieux comprendre la genèse de ce laboratoire, un groupe de recherche interdisciplinaire s'est formé dans le cadre d'un projet au sein du Laboratoire d'Excellence HASTEC (Histoire et Anthropologie des Savoirs, des Techniques et des Croyances). Des chercheurs et chercheuses en histoire des sciences et des techniques, en information-communication et en informatique en sont les moteurs. Le point de départ de cette investigation réside dans le constat selon lequel le Cédric ne s'est pas formé comme une entité homogène spontanée en 1988. Durant les deux décennies qui précèdent cette date, de nombreux événements ont eu lieu et leur compréhension est cruciale pour appréhender la création du Cédric. Un travail d'examen des documents produits par les acteurs de l'époque est en cours. Pour le mener à bien, une plateforme d'archives numériques a été élaborée au sein du projet. Nous décrivons dans cet article les motivations du projet et l'avancée de la mise en œuvre de ce dispositif archivistique.

Contexte et objectifs

Les membres du Cédric sont enseignants-chercheurs en Informatique, en Mathématiques ou en Électronique, et situés au Cnam à Paris. Cette assertion, dans notre contexte actuel semble aller de soi, aussi bien pour le statut des acteurs que pour les disciplines énoncées. Pourtant, si l'on revient cinquante ans en arrière, avec le cadre scientifique encore flou d'une discipline naissante, les choses n'étaient pas aussi simples.

Pour comprendre la complexité de cette genèse, ce projet est conduit en collaboration étroite avec des historiens, ce qui l'ancre résolument dans l'historiographie des sciences et des techniques. Pour mieux saisir les éléments factuels d'époque, il faut se recentrer sur les écrits, les acteurs et leurs témoignages. Intégrer ces derniers dans un système d'information permet de les archiver, mais aussi de les croiser et d'en faciliter l'analyse *a posteriori*. C'est la raison pour laquelle ce travail a engendré une réflexion en sciences de l'information et de la communication, plus particulièrement en documentation.

Notre objectif est de proposer un dispositif d'accès à de l'information historique reposant sur un ensemble d'archives numérisées, de notices bibliographiques ou catalographiques. Après avoir considéré la possibilité de mettre en œuvre un système d'information documentaire existant (spécialisé en gestion de l'information scientifique historique), nous avons envisagé la réalisation *ad hoc* d'une hybridation de systèmes d'archivage scientifique ayant la capacité d'intégrer un modèle liant les acteurs et les objets scientifiques. Un tel modèle, décidé en concertation avec nos collègues historiens, offre une flexibilité

d'analyse importante en évitant de cloisonner *a priori* les informations, ce qui devrait permettre de faire émerger des liens peu apparents dans d'autres modèles d'analyse. Notre modèle propose aussi la liaison des acteurs et des objets scientifiques avec les entités institutionnelles, c'est-à-dire les laboratoires de recherche et structures administratives ou pédagogiques au sein desquelles les futurs membres fondateurs du Cédric ont pu évoluer au cours des deux décennies précédant sa création. Tous ces acteurs et entités ont produit une masse importante de documents dont nous pouvons commencer à définir le périmètre. Une partie d'entre eux relève de la production scientifique (articles de recherche, thèses, mémoires), pour lesquelles la notion de co-signature est fondamentale en vue d'analyser les dynamiques de groupes entre acteurs. Les autres documents seront de nature très diverse, mais une partie importante d'entre eux témoigne de l'activité para-scientifique des acteurs : comptes rendus de conseils de laboratoires, annuaires de structure, correspondance, etc. L'intégration d'entretiens d'acteurs de la période est aussi envisagée (matériel audio voire audiovisuel).

Réflexions sur des travaux précédents

Pour appréhender la problématique des archives numériques, Stockinger *& al.* (2015) présentent une dualité de sens entre (1) la banque de données ouvertes, dans un objectif de ré-exploitation indéterminé, mais libre, basée sur une plateforme et (2) un ensemble patrimonial de ressources au sens d'un corpus dont l'objectif est de garantir l'accès aux documents et de les structurer dans un but précis et forcément contraint sans être dépendant de l'évolution des technologies. Comme dans le cadre que nous présentons ce corpus devra servir principalement de ressource à une activité scientifique, nous prendrons plutôt en compte le second sens donné aux archives numériques.

Ainsi, de ce point de vue, « *les archives existantes ou à venir servent d'objet de recherche théorique et appliquée en vue, par exemple, d'améliorer les accès aux données archivées, d'avancer sur le terrain de l'interconnexion des données archivées* […] *de rendre possible la préservation de l'information à travers différents formats, d'améliorer les conditions de stockage des données et des métadonnées, de mieux connaître les procédés et les "façons de faire" qui déterminent les pratiques courantes d'archivage* » (Stockinger & *al.,* 2015, p. 12). Pour continuer dans cette logique, il faut penser la « *réutilisation active* » d'un ensemble de données archivées dans le cadre de l'histoire des sciences et des techniques en général, de l'informatique en particulier, ce qui implique une transformation qualitative desdites données pour les rendre exploitables dans ce(s) contexte(s) par les différentes populations d'usagers.

Classer et indexer les documents d'archives

Dans un précédent numéro de la revue des *Cahiers d'histoire du Cnam,* Quantin *& al.* (2016) analysent la situation actuelle de mise en exploitation de l'histoire des sciences et des techniques. Ils situent ladite mise en exploitation des corpus grâce à (1) l'usage de dispositif de numérisation, (2) de compilation, (3) de visualisation et (4) de valorisation des archives. Leur analyse est en substance fondée sur deux observations distinctes :

- grâce aux (relativement) nouvelles orientations en termes de politique publique des sciences, la mise à disposition de sources à destination de la recherche est actuellement un phénomène acquis ce qui renvoie aux points (1) et (2) ;

- cependant, la possible valorisation de ces sources semble être une impasse pour la connaissance scientifique, qualifiée de « *branche morte* » (*sic*) et qui interroge les points (3) et (4).

- La difficulté de la problématique exposée n'est donc pas liée à la possibilité d'identifier, numériser, stocker et d'indexer les contenus et documents, mais bien de les valoriser d'un point de vue de l'usager final.

Même si Michel Cotte (2007), cité par Quantin *& al.* (2016, p. 110), place l'innovation du numérique – notamment en termes de patrimonialisation – au cœur de l'évolution des pratiques des historiens, il met l'accent sur l'importance de l'alignement de ces données avec les connaissances et les besoins (réels, et non supposés) des chercheurs et les témoignages récoltés. Ce dernier aspect recentre le dispositif autour des terrains étudiés, de l'épistémologie en histoire des sciences et des techniques et, bien sûr, des usagers. Ce point de vue oblige à une réflexion, faisant sortir l'artefact de consultation patrimoniale du simple paradigme documentaire traditionnel issu des sciences de l'information et de la communication pour glisser vers des besoins spécifiques en histoire des sciences et des techniques et se plonger dans trois mondes historiquement quasiment disjoints dans le cadre de la consultation des archives scientifiques et des bibliographies d'acteurs :

a. celui des historiens, observant au prisme micro-historique de la genèse d'un laboratoire la discipline scientifique informatique en train de se construire en France – puisque c'est le projet qui nous concerne. Ce public n'est pas forcément au fait des règles de classification en informatique technique ou scientifique, mais comprend très bien les enjeux politiques et structurels historiques dans lesquelles la création du laboratoire Cédric a eu lieu ;

b. celui des chercheurs en informatique, agents administratifs, ingénieurs et enseignants en activité sur la période étudiée, pour la plupart retraités à

ce jour. Ces acteurs maîtrisent les classifications des grandes instances scientifiques et techniques de l'informatique au moment de leur période d'activité [2]. De plus, les méthodes d'indexation documentaire appliquée en archivistique peuvent ne pas aller de soi pour ces usagers ;

c. les usagers lambda, au sein desquels nous incluons les chercheurs d'autres disciplines comme les Sciences de l'information et de la communication (SIC). Ces utilisateurs peuvent être partiellement au fait du cadre historique et peuvent également avoir des bases en utilisation de dispositifs numériques d'archivage.

La pluralité des temporalités, typologies d'acteurs et usagers étudiés pose un certain nombre de défis à relever : comment faire cohabiter dans une archive patrimoniale étendue sur plus de vingt ans et consultée par des usagers scientifiques de plusieurs disciplines un système de classification documentaire efficace tant à l'indexation qu'à l'archivage ?

Pour éclairer le questionnement, il a fallu se poser la question du classement dans un même système des versions numériques de boîtes d'archives administratives d'un laboratoire en construction contenant à la fois : (1) des articles et livres scientifiques, (2) des rapports de recherche, mais aussi (3) des documents pédagogiques (procès-verbaux de soutenances d'élèves ingénieurs), ou encore (4) des documents administratifs tels des correspondances ou des procès-verbaux des instances administratives. Qui plus est, pour complexifier encore le propos, en dehors de la simple question des publics de cultures scientifique et administrative hétérogènes, les temporalités interviennent comme facteur de complexité au sein même des catégories homogènes. Un chercheur en informatique qui travaille par exemple sur le stockage de la donnée en informatique n'utilisera pas le même vocabulaire entre le début et la fin de la période observée tout simplement parce que les concepts et/ou leurs implémentations ont changé ou ont disparu.

La gageure de rendre notre plateforme adaptée à différents publics de chercheurs (historiens, sociologues, etc.) reste ainsi secondaire devant la question de la mise à disposition efficace de l'information. À titre préliminaire, il est donc envisagé que les utilisateurs finaux de la plateforme seront avant tout les collègues chercheurs du laboratoire HT2S (voir catégorie (a) ci-dessus). L'adaptation aux catégories (b) et (c) d'utilisateurs étant prévue pour un travail ultérieur. Initialement, la plateforme et son interface sont donc développées et testées en tenant compte des besoins et retours d'utilisation des historiens. D'autre part, remarquons que cet article constitue un point d'étape dans le travail d'élaboration de cette plateforme, permettant de présenter à la communauté un retour d'expé-

2 Cependant ces indexations évoluent dans le temps en même temps que la science et les techniques comme nous le verrons en détail plus tard.



© Pierre Cubaud

Figure 1 : Les archives papier « administratives », « pédagogiques » et « techniques » du département d'informatique sur la période concernée dans leur état actuel de classification et de stockage

rience sur la méthodologie de conception d'une telle plateforme de travail. Nous proposons donc un banc d'essai de certaines solutions logicielles d'indexation et de stockage de documents, puisque cela a fait partie intégrante du développement de la plateforme. En revanche, nous ne présenterons pas les détails complets de la synthèse réalisée, peu pertinents pour la cohérence de cet article.

Valoriser les documents d'archives par la visualisation

Dans un cadre similaire, Quantin & *al.* (2016, p. 95), relèvent deux défis simultanés pour réaliser un outil d'archivage patrimonial : le modèle des données stockées et leur visualisation. « *Du côté de la production, le numérique ne doit pas être un carcan pour l'histoire. Les notions d'incertitudes, temporelles et spatiales ; ainsi que le contexte immatériel de l'objet ("conditions de travail" par exemple)*

devront être pris en compte et accessibles à la valorisation. » En effet, les règles traditionnelles d'archivistiques et de systèmes d'information documentaires (plus ou moins rigides et péremptoires) doivent s'harmoniser pour que la classification, le nommage et l'indexation des documents soient transparents pour l'utilisateur final du système tout en demeurant suffisamment cohérents pour garantir l'accès à l'information. Les questions du point de vue et de l'appropriation sont ici cruciales pour garantir une utilisabilité maximale. Quantin & *al.* (2016, p. 95) poursuivent : « *Du côté de la valorisation, l'accès devra être adapté à l'utilisateur et à la nature des connaissances historiques. Les mêmes contenus ne peuvent pas être présentés au visiteur de passage et à l'expert du domaine*. » Dans un strict cadre documentaire, de ce point de vue, il faut donc penser l'outil d'accès au corpus comme accessible aux néophytes comme aux historiens des sciences et des techniques ou encore aux spécialistes de la documentation et aux simples visiteurs curieux du sujet. Cette description des besoins heurte la traditionnelle vision classificatoire, dite du « *Web sémantique* » pour glisser vers le « *Web cognitivement-sémantique* » (Caussanel & *al.*, 2002) qui hybride la classification et les besoins communicationnels sociaux, naturellement plus individualisés tels que décrits par (Zhang & Marchionini 2004 ; Zhang 2007) avec l'*exploratory search*[3]. Pour aller plus loin dans le paradigme d'accès informationnel socio-sémantique, Zacklad & *al.,* dans une logique d'appropriation du dispositif par l'usager, proposent un système d'information (SI) documentaire disposant d'une interface aux accès pluriels, *a minima* avec des facettes, voire personnalisée avec les propres tags des usagers (Zacklad & *al.*, 2011). Dans notre vision du système, à défaut d'une indexation réellement sociale, complexe à mettre en œuvre et peu utilisable par l'usager de passage, nous avons envisagé un système d'accès par points de vue comme exposé *infra*, ce qui suppose de modéliser des méthodes de classement et d'indexation adaptés à des méthodes de visualisations distinctes.

Valoriser les documents d'archives par l'ouverture et l'exposition des métadonnées

Les récents travaux sur les aspects documentaires du Web portent sur la manière de systématiser la valorisation les données et métadonnées contenues dans les archives documentaires (Stockinger & *al.,* 2015). Ces données et métadonnées se doivent d'être accessibles non seulement pour les humains avec les aspects d'ergonomie, mais aussi pour les systèmes logiciels avec le Web de données. Ce principe fut présenté par Tim Berners-Lee et

3 Nous avions repris ce concept largement décrit par White & Roth (2009) dans leur ouvrage de synthèse, dans le prototype OntologyNavigator, avec l'heuristique de recherche QBQ-S qui combine le traditionnel moteur de recherche et l'accès par graphe avec possibilité d'enrichissement sémantique (Kembellec, 2013).

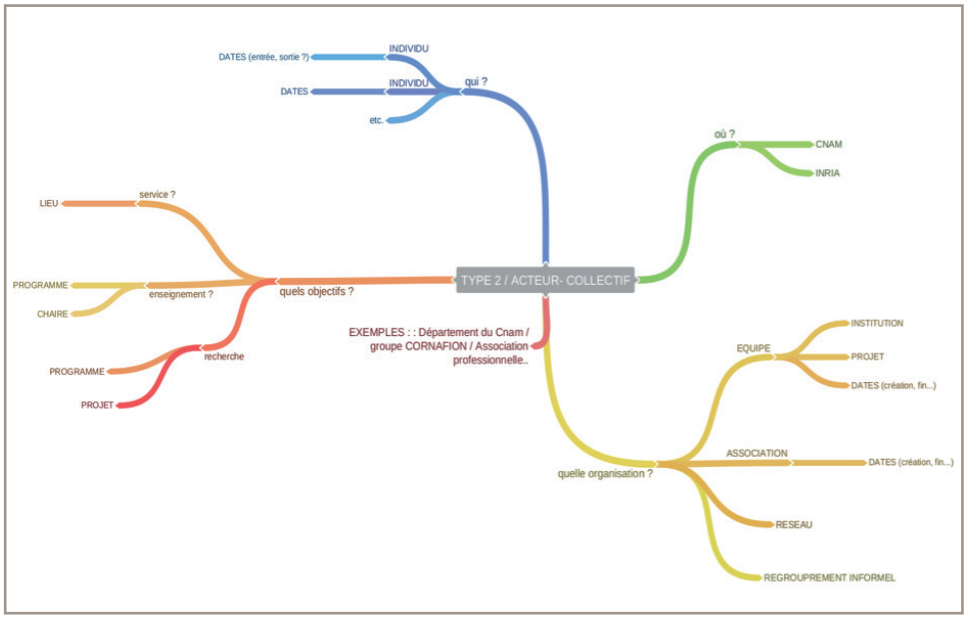
implémenté au moyen de diverses technologies[4] largement présentées en France par l'INRIA et normalisées par le W3C. Ainsi, en répondant à ces besoins dans le cadre d'infrastructures documentaires en SHS, Stéphane Pouyllau a proposé un principe d'ouverture des données liées (publications, archives, référentiels), ce qui a permis la création d'outils de recherche nouveaux. Ces derniers permettent à la fois de lier des portails documentaires et des applications pouvant être embarquées dans des sites Web. Un exemple de réutilisation possible est la recommandation de contenus thématiquement liés sur les blogs scientifiques vers les documents indexés par la plateforme Isidore (Pouyllau, 2016). Cet aspect semble particulièrement important pour permettre un usage optimisé et sans contrainte de la plateforme aux usagers et à leurs outils de collecte.

Penser la modélisation du dispositif

Comme évoqué *supra*, la production documentaire sur l'époque étudiée a bien sûr pour auteurs des individus, mais ceux-ci s'inscrivent temporellement dans des entités que l'on peut qualifier de majeures des points de vue respectifs du laboratoire Cédric et des historiens des sciences et des techniques. Ces entités majeures du système sont déterminées par les acteurs et sont, par exemple, des groupes informels de chercheurs, des équipes, des structures institutionnelles, des revues, etc. Il s'agit de mettre au jour et d'analyser les dynamiques collectives du travail de ces chercheurs : qui publie avec qui ? Quels sont les groupes formels et informels qui se créent ? Qui sont les acteurs centraux de ces groupes de travail ? Compte tenu de la période considérée, ces chercheurs ont contribué à faire émerger une discipline scientifique et leur travail témoigne des aléas de ce processus de légitimation aux côtés de disciplines existantes. L'analyse des archives résultant de ces périodes d'activité est donc prépondérante pour le travail historiographique. Un travail préliminaire des chercheurs du HT2S a montré que la complexité des dynamiques collectives était importante, les chercheurs en informatique ayant travaillé à la fois en groupes informels pour cosigner des articles, mais aussi des groupes hérités de structures institutionnelles (départements, laboratoires, équipes en émergence). Un collectif d'auteurs prend parfois même un nom *ad hoc*, par exemple Cornafion (1981), pour la publication de l'ouvrage *Systèmes répartis*, non sans rappeler le groupe Bourbaki.

Une collaboration des équipes historienne, infodocumentaire, et informaticienne a permis d'identifier les relations que les entités collectives entretiennent entre elles. Le résultat de cette collaboration a été synthétisé par les chercheurs du HT2S sous la forme de cartes heuristiques, comme celle illustrées dans les figures 2 et 3 pour les groupes et les publications.

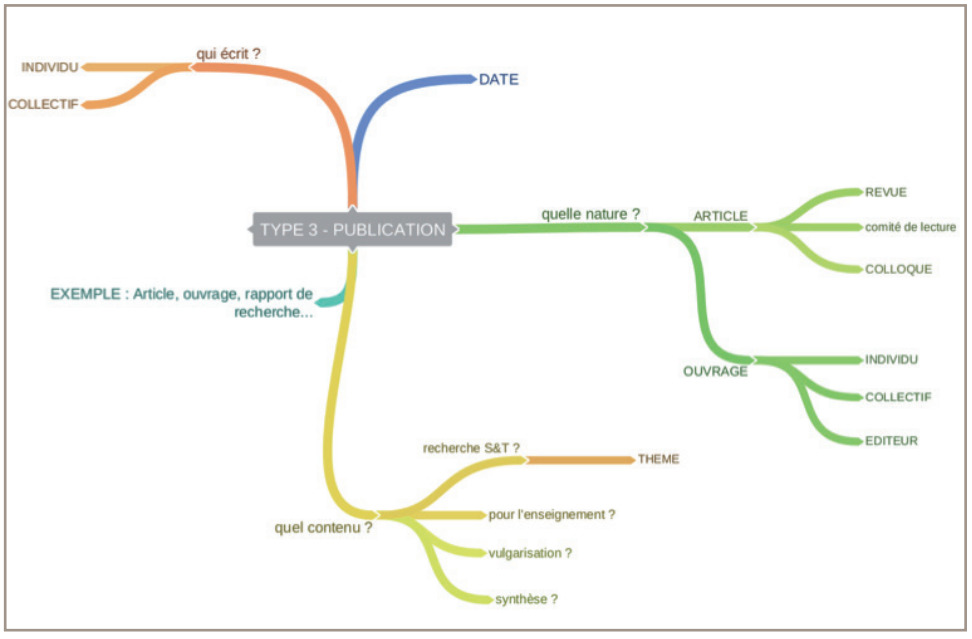
4 Soit directement dans les pages soit au moyen d'API ou encore de SParQL endPoint [URL : https://www.w3.org/wiki/SparqlEndpoints]. Voir la synthèse de B. Menon (Menon, 2016)



© Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard

Figure 2 : Les acteurs et groupes d'acteurs au sein du modèle historique décrit

Figure 3 : Modèle « heuristique » documentaire prévisionnel du système d'information pour les documents



© Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard

Ces cartes ont servi à la modélisation du système info-documentaire qui peut servir à la rédaction du cahier des charges fonctionnel tant pour la création d'une potentielle base de données relationnelles qu'à la validation du choix d'un logiciel ou d'une plateforme existante comme système d'information. En vue de faciliter le travail de collecte des documents et de création de savoirs, nous avons, en lien avec l'équipe des historiens, modélisé un système d'information documentaire et en avons initié le développement. Celui-ci repose sur une architecture comportant trois « couches » (au sens informatique du terme) :

1. Le stockage des documents et notices sous forme de fichiers (couche basse) ;
2. L'organisation des documents (couche intermédiaire) ;
3. La visualisation et la manipulation des documents (couche haute).

État de l'art technique

Lors de l'étude de l'état de l'art, trois systèmes ont été envisagés et ont inspiré notre approche en accord avec les historiens.

Le *Dictionnaire Prosopographique des Inventeurs en France*[5] nous a intéressés en particulier ses différents onglets permettant des « vues » différentes de l'information associée à une notice biographique. L'approche strictement biographique, cependant, est écartée pour notre projet, car c'est le collectif davantage que l'individu qui doit être mis en valeur. En outre, il s'agit là d'un exemple de réalisation d'implémentation *ad hoc*, non d'une solution logicielle réutilisable directement en l'état.

SyMoGih[6] est un système modulaire de gestion de l'information historique (Beretta & Vernus 2012). D'un point de vue méthodologique, son approche par objets (acteurs – dont collectifs ; lieux, objets abstraits ; caractères sociaux, formes concrètes) est la plus pertinente pour notre projet, car le modèle de la base de données associé correspond aux besoins exprimés par l'équipe d'historiens. Cependant, des contraintes techniques d'hébergement du système et des données nous ont amenés à finalement l'écarter.

Omeka[7] est un système documentaire multimédia orienté Web spécialisé dans la publication de collections savantes, muséales et bibliothécaires. Il est développé par des spécialistes de l'histoire au *Center for History and New Media* de l'université états-unienne George Mason. Sa large diffusion dans le monde académique en fait un outil de travail quasi standard. Sa plasticité permet d'y implémenter un système de

5 [URL : http://dpif.cnam.fr/].

6 [URL : http://symogih.org/].

7 [URL : https://omeka.org/].

visualisation et de manipulation personnalisé selon nos méthodologies, de plus il intègre nativement les principes d'exposition des métadonnées. Plusieurs exemples d'implémentation sont disponibles pour présenter les usages possibles de cette plateforme. Un écosystème d'extensions est activement développé par la communauté open source.

Adaptation

Sur la couche la plus basse, celle la plus proche du stockage, se déroule le dépôt des archives numérisées. Afin d'organiser la matière documentaire, un plan de classement a été élaboré sur la base des standards en vigueur, les règles de nommage, au niveau le plus bas du système (stockage des fichiers). Les fichiers sont ainsi nommés avant même d'être placés dans un espace commun, et donc procèdent d'une organisation *a priori*. Cela permet d'éviter la dépendance à la couche intermédiaire et favorise donc la séparation complète des couches, ce qui facilite une migration éventuelle vers d'autres outils.

La couche intermédiaire est un outil de gestion documentaire qui définit le statut documentaire de ces fichiers et organise la liaison avec les notices associées (sources primaires, secondaires, types et genres de documents…). On peut définir des frontières entre des fonds ou autres ensembles documentaires. C'est ici que s'organise la datation, l'authentification et la mise en relation des documents. Pour ce niveau archivistique, nous avons décidé d'utiliser le système Omeka que nous avons adapté et personnalisé.

Sur la couche la plus haute, celle de la visualisation, s'interprètent les données, métadonnées et documents. C'est l'interface utilisateur ou IHM. On y modélise la manière dont les documents sont catégorisés, mis en relations, et visualisés ; cette modélisation est pensée en lien direct avec la méthodologie d'analyse, en l'occurrence une prosopographie qui est aussi une analyse relationnelle (acteurs-réseau). Il est prévu notamment un système de catégorisation souple, par *tags* (étiquettes) qui permettent d'associer les documents à des mots-clefs de manière personnalisable, dite « sociale », en complément de vocabulaires plus contrôlés (comme des thésaurus techno-scientifiques liés à la discipline). Omeka propose déjà un outil de recherche et de visualisation, mais il est également possible de penser une surcouche sous forme de *plug-in* ou d'interface autonome interrogeant la base de données d'Omeka et formalisant les flux extraits pour en faire des « vues » répondant à des besoins spécifiques en histoire des sciences et des techniques.

Réalisation du projet infodocumentaire

La constitution et l'intégration du corpus

Dans le cas du matériau traité, bibliographies académiques et littérature grise pour commencer, les règles classificatoires des documents et les vocabulaires qui y sont associés évoluent aussi au fil du temps, au rythme des avancées technologiques et de leur intégration scientifique comme sujet d'étude. La question du consensus pour le choix d'une classification est pertinente, surtout dans le cadre de l'étude d'une science « en train de se faire », comme c'était le cas au milieu des années 1960, moment où les premières classifications sont proposées.

Le choix d'une structure documentaire pour les notices

Plusieurs grandes associations professionnelles et sociétés savantes ont ainsi proposé des modèles à visée documentaire pour classer, diffuser aisément la production technoscientifique en informatique, que nous avons déjà examinée dans de précédents travaux (Kembellec, 2012). Parmi les plus anciennes et les plus reconnues, nous pouvons mettre en avant celles de l'Association for Computing Machinery (ACM) et de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Ces deux associations possèdent leurs propres bibliothèques en ligne qui autorisent toutes deux des recherches avancées classiques, mais aussi un accès aux corpus par des facettes telles que les entités de recherche (laboratoires, écoles, universités…), les auteurs, les spécificités techniques, la notoriété des écrits et des acteurs[8], autorisant ainsi l'analyse quantitative des réseaux d'auteurs à l'aide de la statistique de leur production.

- *Quelle évidence historique du choix d'une classification ?*

Dans le cadre de la modélisation d'un outil de recherche sur un sujet aussi spécifique que celui envisagé, le choix d'une classification réputée et historiquement documentée était donc un enjeu majeur. Le choix s'est ainsi porté sur la taxonomie ACM[9], dont les différentes versions font consensus, admettent une traçabilité de version et une rétrocompatibilité de classement des documents. De plus, cette classification thésaurise deux vocabulaires contrôlés spécifiques à l'informatique : un pour les entités nommées et un second pour les termes descripteurs.

- *Les problèmes d'indexation liés à l'évolution technologique et scientifique*

Entre 1964 et 2012, l'ACM CCS a connu quatre étapes de classification correspondant à la fois aux évolutions

8 IEEE XPlore [URL : http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp] avec plus de 4 millions de documents indexés et ACM digital library [URL : http://dl.acm.org] et ses 2,8 millions de documents.

9 ACM Computer Classification System : [URL : http://www.acm.org/about/class].

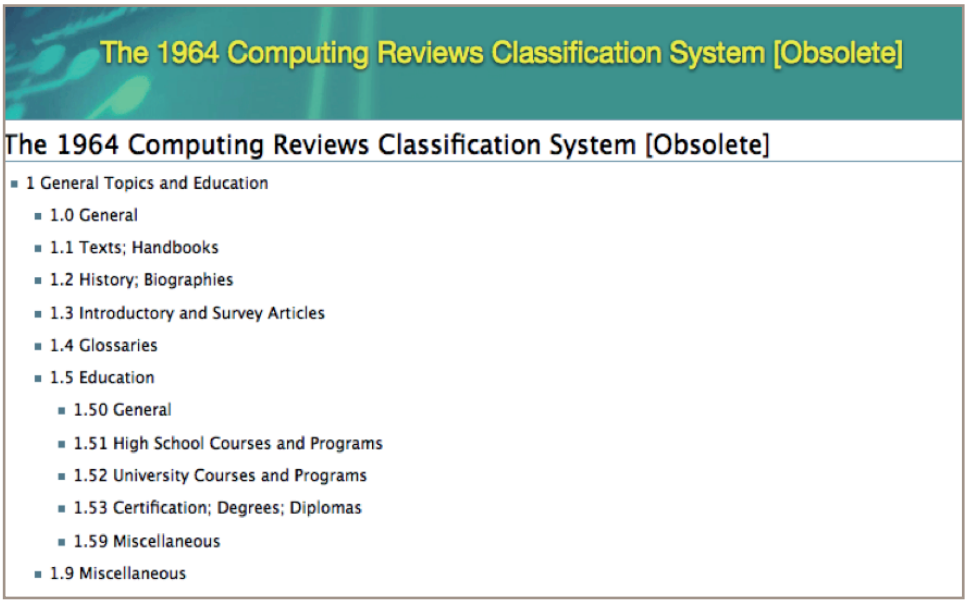


Figure 4 : Extrait de la classification ACM CCS de 1964

Capture d'écran de la page [URL : http://www.acm.org/about/class/cr64]

technologiques liées au sujet technoscientifique et à celles liées aux méthodologies documentaires, mais aussi au besoin de spécification induit par la masse de littérature à traiter.

Le système original décimal à trois niveaux strictement hiérarchiques de 1964 a été utilisé jusqu'en 1991 par les chercheurs auteurs d'articles et les organisateurs de conférences ACM pour l'indexation des articles, ouvrages et actes de conférences (voir figure 4). Sur la période historique qui nous intéresse dans le cadre de ce projet, il est très probable qu'une partie de la production scientifique et de la littérature grise du corpus concerné ait été déjà classée à l'aide de ce système.

L'année 1991 a vu une refonte totale de la classification documentaire de l'ACM avec la mise en œuvre d'un système alpha décimal à quatre niveaux de profondeur prenant bien sûr en compte des mises à jour technologiques et témoignant de l'arrivée du réseau planétaire ainsi que de l'informatique grand public (figure 5).

Des termes descripteurs (*Subject Descriptors*) et un vocabulaire d'entités nommées (*Implicit Subject Descriptors*) ont été également ajoutés pour spécifier les classes trop génériques, implémentant un thésaurus à la classification. Il est à noter qu'avec cette deuxième mouture sont apparues des passerelles entre classes, exprimant la possibilité qu'un concept puisse être lié à plusieurs contextes techno-

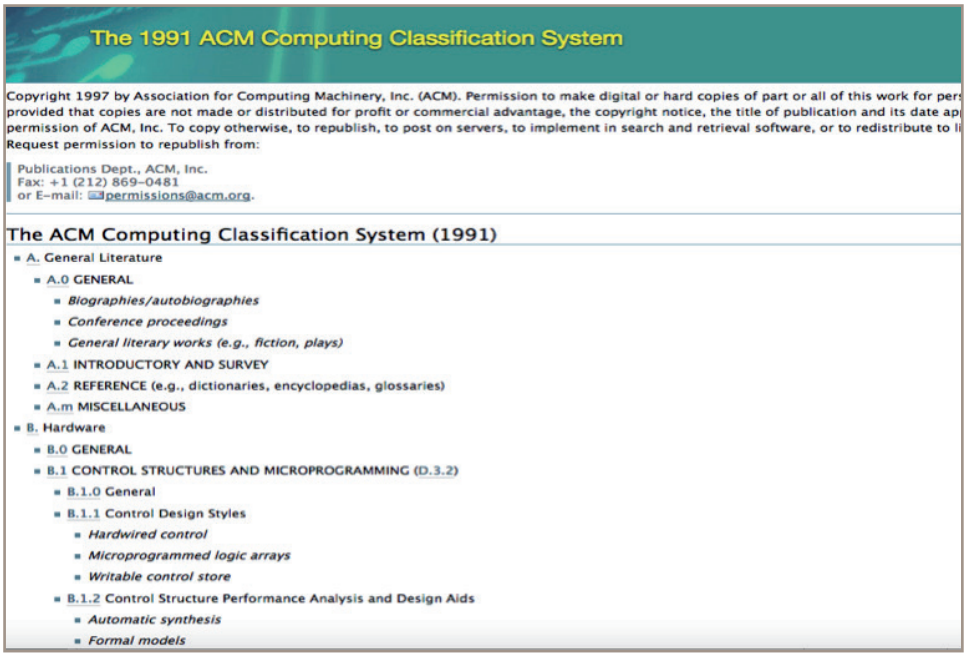


Figure 5 : Extrait de la classification ACM CCS de 1964

Capture d'écran de la page [URL : http://www.acm.org/about/class/ccs91-html]

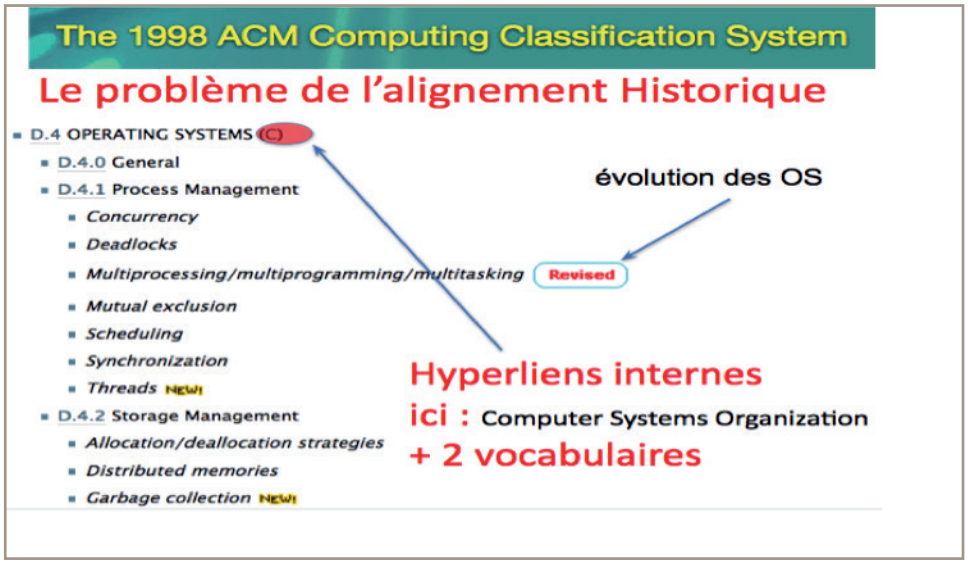


Figure 6 : Extrait de la classification ACM en 1998

Capture d'écran de la page [URL : http://www.acm.org/about/class/ccs98-html]

scientifiques. Cette version a été utilisée de manière internationale dès les débuts du laboratoire Cédric par des chercheurs toujours publiants.

En 1998, une version mise à jour du précédent système alpha décimal est proposée avec des concepts nouveaux et d'autres, révisés, cette version est accompagnée de deux vocabulaires (figure 6).

Les *Implicit Subject Descriptors* (Noms propres ou entités nommées) sont des noms de produits, systèmes, langages et personnes éminentes dans le domaine de l'informatique. L'exemple donné sur le site d'ACM est « C++ » qui est classé sous la catégorie « *D.3.2 Language Classifications* ».

Cette liste est dynamique avec de nombreuses mises à jour. Il était même encouragé de proposer de nouvelles entrées (en motivant sa demande). Cette version de la classification est donc assez proche d'un thésaurus et d'une taxonomie.

En 2012, l'ACM a choisi une nouvelle méthode de classement des documents liés à l'informatique avec un système non codé (ni alphabétique, ni numérique) au sein d'une ontologie poly-hiérarchique : l'accès aux documents se fait intuitivement par spécification selon le modèle directement inspiré du paradigme BQ (*Browsing-Query*) présenté par Zhang (2007). La première étape de la recherche par navigation consiste à descendre dans l'arborescence jusqu'au nœud le plus représentatif du concept recherché. Notons que les documents peuvent être trouvés de manières différentes grâce à la poly-hiérarchie.

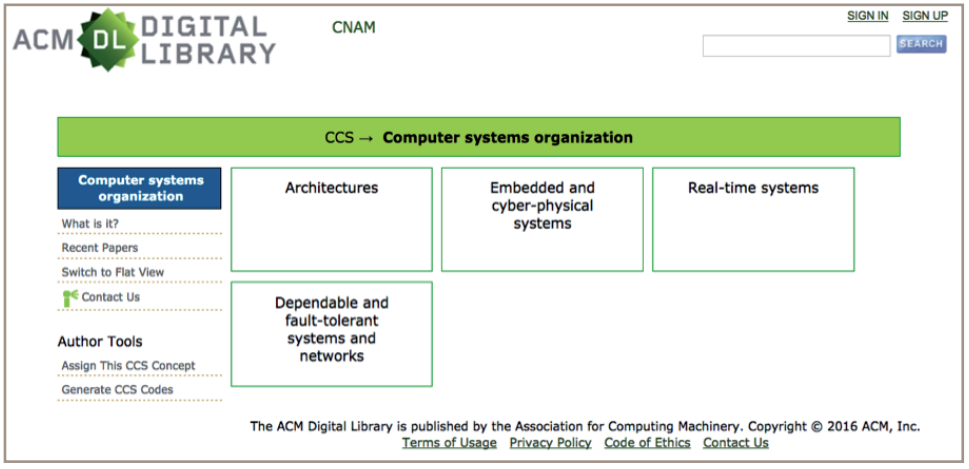


Figure 7 : Extrait de la classification ACM CCS de 2012

Capture d'écran de la page [URL : http://www.acm.org/publications/class-2012]

- *La solution hybride de classement et d'indexation des notices*

Le système de classement techno-scientifique basé sur la classification ACM est pertinent pour indexer la littérature scientifique et partiellement la littérature grise. Bien sûr, pour l'utiliser, il faudrait aligner les différentes versions historiques afin que celles-ci soient compatibles entre elles et que différentes générations d'usagers puissent l'utiliser avec la version qu'ils maîtrisent. Cependant, ce modèle d'indexation n'est pas adapté à tous les publics. En effet, en histoire des sciences et des techniques, cette classification ne sera pas forcément maîtrisée, ni même porteuse de sens. Il est donc possible d'utiliser une version ACM pour indexer dans une approche techno-scientifique et surtout des règles typologiques proposées dans les figures 2 et 3 afin d'offrir une possibilité de recherche plus proche des problématiques d'histoire des sciences. De plus, croiser l'indexation des documents selon deux méthodes avec les groupes et individus peut produire en soi un matériau de recherche prosopographique très intéressant.

Le choix d'une structure documentaire pour les archives

Pour indexer les archives de documents d'activité tels que les comptes rendus de réunions ou les rapports, qu'ils soient administratifs ou pédagogiques, même si le sujet reste l'informatique, l'ACM CCS est insuffisante, voire hors sujet. C'est pourquoi il faut réfléchir à une seconde méthode de classification dédiée aux archives. Cette seconde structure de termes et d'entités nommées devra intégrer les informations issues également du modèle *ad hoc* ci-dessous pour mieux repérer le lien des documents pédagogiques, administratifs ou d'activités avec les acteurs individuels et collectifs.

La collecte des données et documents

Les tâches d'implémentation et de collecte ont été menées sous la direction conjointe des historiens des sciences, des spécialistes de la documentation et des chercheurs en informatique. Le processus alliant sélection et nettoyage des données (curation) a ensuite été effectué en deux passes :

- l'une formaliste et stylistique pour la cohésion des notices a été effectuée par l'équipe documentaire ;

- la seconde, visant à la cohésion des notices avec l'histoire des sciences, portait sur la qualité et la complétude des données : dates, auteurs, sujet et était réservée aux historiens.

La recherche et la formalisation de la bibliographie ont été réalisées en amont de l'implémentation du dispositif documentaire. L'objectif de ce travail était triple :

- aider à penser le système archivistique pour la collecte et le traitement

des archives du Cnam en lien avec l'historique du Laboratoire Cédric ;

- rechercher et enregistrer les notices de la production scientifique sur la période traitée ;

- rechercher et enregistrer de manière normalisée les notices des mémoires d'ingénieurs rédigés sur la période.

La première étape d'un projet de collecte et d'archivage documentaire, quel qu'en soit le cadre, est de fixer une typologie des documents à recenser pour archivage conservation ou indexation s'ils sont déjà présents dans un fonds numérique accessible.

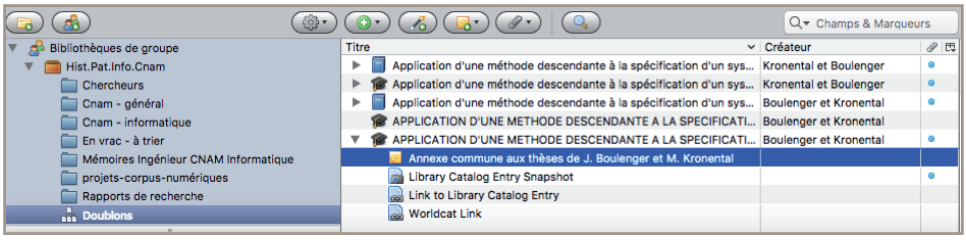
• *Collecter les notices*

Ensuite, la collecte des notices d'articles, livres, actes de conférences produites par les chercheurs du Cnam a été menée sur les bibliothèques numériques en accès par abonnement et accessibles grâce au service de documentation du Cnam. L'équation de recherche, adaptable à chaque plateforme portait sur les noms, institutions ou groupe et la période. Les principales bases consultées, par ordre de priorité sont dl.acm, IEEE Xplore, Taylor & Francis et Springer, mais aussi les archives numériques ouvertes comme l'américain ArXiV et le français HAL. Une troisième passe de recherche a été effectuée sur les moteurs de recherche scientifique comme Google scholar, avec vérification des notices. Les pages personnelles des acteurs et le site du laboratoire ont été autant de sources de complémentaires d'information et de points de comparaison avec les résultats trouvés. Un total de 246 notices a été retrouvé.

La collecte, la gestion et le partage de ces notices ont été effectués au sein du groupe de travail, grâce au Logiciel de Gestion de Ressources Bibliographiques (LGRB) Zotero[10], développé comme Omeka par des spécialistes de l'histoire au Center for History and New Media de l'université George Mason. Cet outil permet de détecter les notices présentes dans les pages Web et de les enregistrer sur un ordinateur individuel et éventuellement dans un espace partagé. Cette dernière solution a été retenue pour permettre le partage en lecture-écriture à tous les membres du projet. Ce mode de travail collaboratif a permis de travailler sur le dédoublonnage des notices alors même que la collecte n'était pas terminée et de soulever des questions intéressantes. Par exemple, une mystérieuse thèse est apparue qui semblait avoir été soutenue deux fois avec le même titre et des auteurs distincts (voir sur la figure 8, les doublons détectés par le logiciel, mais aussi le problème de cohérence cité précédemment avec les annexes communes).

La réponse à cette énigme, après une discussion avec les chercheurs historiques du Cédric, a été que les deux auteurs – Boulenger et Kronental – ont soutenu leurs thèses respectivement,

10 [URL : https://www.zotero.org/]



© Gérald Kembellec

Figure 8 : Capture d'écran de Zotero : fonction de gestion des doublons

mais de manière complémentaire sur des aspects distincts d'une même problématique, des pratiques que l'on retrouve par ailleurs[11].

Ces questions ont mis en valeur la qualité et la fiabilité des données documentaires et des métadonnées bibliographiques sur Internet. Selon les sources la qualité des notices exposées à la capture par un logiciel de gestion de références bibliographiques peut varier comme le montre le tableau 1, ci-dessous :

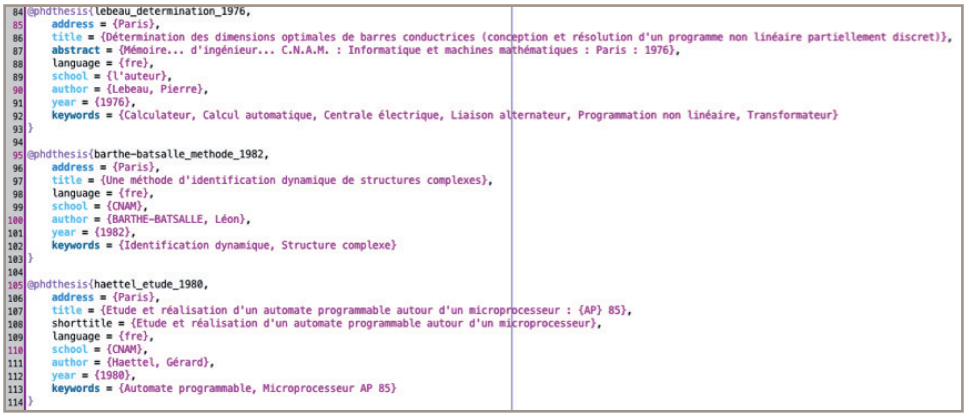
Implémentation du système documentaire

Une recension des plateformes existantes dans le domaine a été effectuée, en vue d'en déterminer les caractéristiques principales et de choisir celle qui pourrait, le cas échéant, servir de base à la plateforme réalisée pour le projet. Sa synthèse a conduit au choix d'Omeka, comme indiqué *supra*. C'est une plateforme open source répandue dans la communauté, et d'administration assez aisée. Une version

Excellente qualité de notices	IEEE, ACM, Springer, HAL, Techniques de l'Ingénieur...
Notices de qualités variables	Google Scholar, base Orion, certains CMS universitaires
Notices non compatibles	Sites d'enseignant-chercheur, certains CMS universitaires.

Tableau 1 : Qualité constatée du formalisme des notices exposées dans les pages Web, et leur compatibilité avec les logiciels de gestion de références bibliographiques (LGRB)

11 Voir par exemple les travaux de S. Natkin et G. Florin sur les réseaux de Petri, développés dans des thèses respectivement de 3e cycle et d'État soutenues en 1985 (*cf.* article de Paloque-Berges et Petitgirard dans ce même volume).



```bibtex
@phdthesis{lebeau_determination_1976,
    address = {Paris},
    title = {Détermination des dimensions optimales de barres conductrices (conception et résolution d'un programme non linéaire partiellement discret)},
    abstract = {Mémoire... d'ingénieur... C.N.A.M. : Informatique et machines mathématiques : Paris : 1976},
    language = {fre},
    school = {l'auteur},
    author = {Lebeau, Pierre},
    year = {1976},
    keywords = {Calculateur, Calcul automatique, Centrale électrique, Liaison alternateur, Programmation non linéaire, Transformateur}
}

@phdthesis{barthe-batsalle_methode_1982,
    address = {Paris},
    title = {Une méthode d'identification dynamique de structures complexes},
    language = {fre},
    school = {CNAM},
    author = {BARTHE-BATSALLE, Léon},
    year = {1982},
    keywords = {Identification dynamique, Structure complexe}
}

@phdthesis{haettel_etude_1980,
    address = {Paris},
    title = {Etude et réalisation d'un automate programmable autour d'un microprocesseur : {AP} 85},
    shorttitle = {Etude et réalisation d'un automate programmable autour d'un microprocesseur},
    language = {fre},
    school = {CNAM},
    author = {Haettel, Gérard},
    year = {1980},
    keywords = {Automate programmable, Microprocesseur AP 85}
}
```

© Gérald Kembellec

Figure 9 : Portion de l'extraction erronée au format BibTeX de la liste des mémoires d'ingénieurs

de la plateforme est accessible en interne du Cnam[12]. Des comptes utilisateurs ont été créés, pour permettre les premiers tests. Une réflexion sur les droits d'accès (« lecture seule » ou « lecture et écriture » des contenus) de chacun est en cours, afin de faciliter le travail et éviter les maladresses. Une tâche de développement courte a été nécessaire pour normaliser les notices bibliographiques des mémoires d'ingénieurs collectées par les chercheurs en histoire. En effet, le passage par Zotero ne permettait pas de gérer aussi finement que nécessaire les notices dans la version par défaut. Le principal problème étant que Zotero ne permet pas nativement de gérer les notices des mémoires d'ingénieurs, le fichier d'export de la bibliographie au format BibTeX contenait donc des erreurs formelles récurrentes : les 596 mémoires d'ingénieurs étaient formalisés comme des thèses de doctorat (voir figure 9), ce qui en empêchait la distinction avec les réels doctorats soutenus sur cette période. De plus, quelques erreurs de fond et de forme avaient échappé à la vigilance des curateurs, ici par exemple l'établissement de rattachement contenait une information erronée dans la première notice (*idem*).

L'intégration des données et documents

La poursuite de ce travail peut emprunter une voie assez évidente. Il reste à continuer la mise en adéquation d'Omeka avec le modèle de données fin élaboré en collaboration avec les chercheurs en histoire. Ensuite ou en parallèle, l'automatisation de la jonction entre la couche basse (numérisation des documents) et intermédiaire (Omeka) devra être réalisée et testée. À plus long terme, un travail d'amélioration de l'interface pourra

12 Accessible seulement depuis une machine du Cnam, à l'adresse [URL : http://163.173.230.26/omeka-2.4/]. Une ouverture plus large est prévue ultérieurement, lors de la mise en production.

également avoir lieu : nouveaux regroupements de documents, enrichissement d'annotations, etc.

Le travail de collecte, numérisation et d'organisation des données a porté pour l'année 2016 sur :

- la liste des publications des chercheurs pour la période 1975-1980 et 1988-1990 (début et fin de la période d'incubation du laboratoire de recherche) – références prélevées dans les archives ;

- la liste des mémoires d'ingénieurs soutenus dans cette période – notices prélevées dans les catalogues du Cnam ;

- quelques archives papier (pour un corpus de test).

L'équipe historienne doit encore exploiter les données et documents traités dans le système. Ce sera l'objet de la suite du projet dont les buts additionnels à court terme sont :

- l'intégration de documents hétérogènes (dont des notices d'objets informatiques, en l'occurrence des ordinateurs, matériels et logiciels) et leur mise en relation ;

- l'enrichissement des données documentaires (lien avec des d'autres données sur le Web) ;

- la création d'une interface de visualisation par chronologie interactive.

Conclusion

La qualité du travail qui pourra être réalisé avec cette plateforme repose bien entendu sur la qualité des sources initiales et du respect des règles d'indexation lors de l'archivage. Un soin particulier devra donc être apporté à la sélection des sources, qui devront être validées par des curateurs — les chercheurs du laboratoire HT2S. Les systèmes automatisés comme Zotero ont montré, sur les notices de mémoires d'ingénieurs par exemple, qu'il pouvait y avoir des écarts sensibles avec ce qui est souhaité.

Le succès de ce dispositif réside à n'en pas douter sur la réception que les usagers feront de l'interface et de ses données. La capacité de l'outil à proposer des données de qualité et d'en exposer les métadonnées dans des formats et standards compatibles avec les agents logiciels les plus usités par les chercheurs et usagers participeront également de l'utilisabilité de l'archive. L'interface de visualisation et de création du savoir (relations entre entités, chercheurs, publications, lieux, etc.) sera fondamentale ; elle devrait être déployée fin 2017.

Bibliographie

Beretta F. & Vernus P. (2012). « Le projet SyMoGIH et la modélisation de l'information : une opération scientifique au service de l'histoire ». *Les Carnets du LARHRA,* pp. 81-107.

Caussanel J., Cahier J.-P., Zacklad M. & Charlet J. (2002). « Les Topic Maps sont-ils un bon candidat pour l'ingénierie du Web Sémantique ? ». *Actes des 13e journées francophones d'ingénierie des connaissances* (IC).

Cornafion (1981). *Systèmes informatiques répartis : concepts et techniques.* Paris : Dunod Informatique.

Cotte M. (2007). « La génétique technique a-t-elle un avenir comme méthode de l'histoire des techniques ? » *In* Rey A.-L. (dir.), *Méthode et Histoire, journées d'études de la SFHST.* Lille : publications de la SFHST, pp. 187-201.

Kembellec G. (2012). « Bibliographies scientifiques : de la recherche d'informations à la production de documents normés ». Thèse en sciences de l'information et de la communication de l'Université Paris 8, Saint-Denis.

Kembellec G. (2013). « Recherche exploratoire : proposition d'une méthode basée sur une ontologie de domaine. », *Actes du 9e Colloque ISKO-France : Contextes, langues et cultures dans l'organisation des connaissances,* pp. 281-302

Menon B. (2016). « Comprendre les standards du web de données ». *I2D – Information, données & documents,* 2/53, pp. 32-34.

Pouyllau S. (2016). « Isidore Suggestion, des recommandations de lecture pour les blogs de science ». *I2D – Information, données & documents,* 2/53, p. 44.

Quantin M., Laroche F., & Kerouanton J.-L.. (2016). « Récit historique et objet technique : outil de valorisation mutuelle ». *Cahiers d'histoire du Cnam*, 5, pp. 93-120.

Stockinger P., Lalande S., & Beloued A. (2015). « Le tournant sémiotique dans les archives audiovisuelles. Vision globale et éléments conceptuels de mise en œuvre ». *Les Cahiers du numérique,* 3/11, pp. 11-38.

White R. W., & Roth R. A. (2009). *Exploratory search : beyond the query-response paradigm* (Synthesis lectures on information concepts, retrieval & services). San Rafael (CA.) : Morgan and Claypool Publishers.

Zacklad M., Desfriches-Doria O., Bertin G., Mahe S., Ricard B., Musnik N., Cahier Jean-P., Bénel A., Lewkowicz E. (2011), « MiipaDoc : vers une gestion de l'hétérogénéité des classifications documentaires en entreprise ». *In* I. Saleh, L. Massou, S. Leuleu-Merviel, Y. Jeanneret, N. Bouhai, P. Morelli (dir), *Hypermedia et pratiques numériques – H2PTM'11.* Paris : Hermès Sciences-Lavoisier, pp. 323-333

Zacklad M. (2005). « Vers le Web Socio Sémantique : introduction aux ontologies sémiotiques. ». *Ingénierie des Connaissances.* pp. 1-15, [URL : https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00001347/document], accédé le 14 septembre 2017.

Zhang J., Marchionini G. (2004). « Coupling browse and search in highly interactive user interfaces: a study of the relation browser++ ». *In* H. Chen, M. Christel, E.P. Lim, *Proceedings of the 2004 Joint ACM/IEEE Conference Digital Libraries. Global Reach and Diverse Impact, JCDL 2004*, p. 384.

Zhang J. (2007). « Visualization for information retrieval ». *Springer Science & Business Media,* volume 23, pp. 1-5 [URL : https://people.uwm.edu/jzhang/files/2016/05/p2009_4-1ldij8e.pdf] accédé le 14 septembre 2017.

Imprimé dans les ateliers d'impression du CNAM
sur un papier agréé FSC/PEFC respectueux de l'environnement.

Cahiers d'histoire du Cnam

La recherche sur les systèmes : des pivots dans l'histoire de l'informatique – I/II

coordonné par Camille Paloque-Berges et Loïc Petitgirard

Dossier : La recherche sur les systèmes : des pivots dans l'histoire de l'informatique – I/II

Camille Paloque-Berges et **Loïc Petitgirard** – Introduction au premier volume « *L'émergence d'un laboratoire de recherches en informatique au Cnam (1968-1990) et le rôle de la recherche sur les Systèmes* »

Claudine Fontanon – « *Les chaires de mathématiques appliquées au Cnam à l'époque des Trente Glorieuses* »

Camille Paloque-Berges et **Loïc Petitgirard** – « *L'Équipe Systèmes (1975-1980) et la genèse de la recherche en informatique au Cnam* »

Isabelle Astic – « *Le mini-ordinateur Systime 8750* »

Cédric Neumann – « *Un professeur sans recherches : la trajectoire professionnelle de Paul Namian au Cnam* »

Entretien avec **Gérard Florin**

Entretien avec **Viviane Gal**

Gérald Kembellec, **Raphaël Fournier-S'niehotta** et **Pierre Cubaud** – « *L'histoire du Cédric : penser un dispositif archivistique en histoire des sciences* »

vol.7-8

2017 / Premier semestre
(nouvelle série)

ISSN 1240-2745