

Du complexe à la complexité :

Le retour de l'individu dans les modèles géographiques

Daudé E.

Université de Rouen, 7 rue Thomas Becket, IRED,
76000 Mont Saint-Aignan. U.M.R.-IDEES CNRS.

E-mail : eric.daude@univ-rouen.fr

Mots clés : individualisme méthodologique complexe, modèles individu-centrés, systèmes multi-agents.

Key words : complex methodological individualism, agent based modelling, multi-agent systems.

Abstract

Geographer studies the consequences of the human actions on the production and the organization of space, and in return, the effects of these achievements on the behaviors of these actors. Actions and events associated to individual actors (people, households, firm etc) are partly related to their characteristics, to the environmental context and to the interactions with the other actors. These actions and events are also related to their behaviors, which are the result of their intentions, their duties and projects which they work out (storage capacities, development of strategy, representation). These actions and events are finally subjected to a whole of constraints and risks which form part of a space-time context. It is thus necessary to take into account on the one hand the freedom of the actors, even deployed within the framework of a certain number of constraints, and on the other hand their intentionality to construct a formalization of this complexity in space and time.

Résumé

Le géographe étudie les conséquences des actions humaines sur la production et l'organisation de l'espace, et en retour, les effets de ces réalisations sur les comportements de ces acteurs. Les actions et événements que l'on associe aux acteurs individuels (personnes, ménages, entreprises etc.) sont en partie liés à leurs caractéristiques, au contexte environnemental et aux interactions avec les autres acteurs. Ces actions et événements sont également liés à leurs comportements, qui sont le résultat de leurs intentions, de leurs devoirs et des projets qu'ils élaborent (capacités de mémorisation, de développement de stratégie, de représentation). Ces

actions et événements sont enfin soumis à un ensemble de contraintes et d'aléas qui s'insèrent dans un contexte spatio-temporel. Il est donc nécessaire de prendre en compte d'une part la liberté des acteurs, même déployée dans le cadre d'un certain nombre de contraintes, et d'autre part leur intentionnalité pour élaborer une formalisation de cette complexité socio-spatiale.

I. La place de l'individu dans les modèles géographiques

La géographie repose sur la reconnaissance de l'imbrication de niveaux d'organisation et d'échelles ainsi que sur les interactions qui se réalisent à l'intérieur et entre ces différents niveaux. Sur cette représentation des phénomènes géographiques sous la forme de niveaux, l'individu prend une place particulière dans les travaux des géographes, tour à tour sollicité puis délaissé. Sollicité lorsque l'individualisme méthodologique semble offrir pour un temps un formalisme approprié, en géographie urbaine notamment. Sollicité également avec la Time-geography et la Micro-simulation, qui ont cependant moins marqué les recherches francophones. Délaissé dans un second temps avec le développement de l'analyse spatiale et les changements d'échelles qui s'opèrent. En travaillant sur des agrégats, les géographes développent des niveaux d'organisation originaux, les unités spatiales. De ces unités spatiales sont déduites des lois propres et l'individu ne paraît plus être le vecteur d'une connaissance scientifique, tout au moins pour le géographe modélisateur.

Les connaissances associées aux sphères de l'individuel et du social sont ainsi devenues progressivement antagonistes du point de vue de la géographie quantitative. L'analyse spatiale postule en effet l'existence d'une connaissance scientifique qui s'appuie sur l'action des groupes tout en admettant que celle-ci n'atteint pas l'individu (erreur écologique). On admet cependant l'existence d'une connaissance ayant comme socle l'individu, tout en considérant que ce savoir n'est pas scientifique car il ne s'appuie pas sur une méthodologie rigoureuse. A l'heure où des disciplines comme l'économie, l'archéologie ou la sociologie, qui posent l'individu comme élément premier d'analyse, réintroduisent l'espace dans leurs questionnements, il est temps que les géographes réintroduisent l'individu dans leurs réflexions sur l'imbrication des niveaux d'organisation. Ils peuvent s'inspirer dans cette démarche du triptyque Time-Geography (TG), Micro-Simulation (MS) et Intelligence Artificielle Distribuée (IAD).

A. Du clone indifférencié...

La géographie est riche de modèles qui formalisent des comportements individuels pour rendre compte de la production et de l'organisation d'entités spatiales à un

niveau meso ou macro-géographiques. Ces modèles, pour la plupart d'obédience économique, postulent que les phénomènes lisibles à une large échelle sont la conséquence de comportements individuels, comportements qui sont dictés par la raison, qui est rationnelle, ce qui est le propre de l'individualisme méthodologique. Ces modèles, et cette démarche, proposent une démonstration des effets attendus lorsque s'expriment des comportements rationnels, donc volontaires.

Le modèle de von Thünen en est une première illustration. Les postulats du modèle suivent clairement cette démarche, ils se caractérisent par l'isotropie spatiale, l'homogénéité de la fertilité des sols et l'absence d'accidents, aussi bien dans le relief que dans le comportement des agriculteurs : chacun est parfaitement informé des techniques agricoles, des coûts de production et de transport, chacun adopte le système de production le plus rationnel. Il en résulte qu'à chaque produit agricole *i* est associé une rente foncière qui exprime la capacité locative maximale d'une parcelle *j* en fonction de sa distance au centre. La concurrence pour l'occupation du sol amène alors à une organisation concentrique des aires de production, les produits à forte rente de localisation se situant au plus près du centre, délaissant dans les périphéries les plus éloignées les produits dont la rente est peu sensible aux coûts de transports. C'est de l'agrégation des comportements individuels, les agents représentatifs, que provient la structure spatiale.

Le modèle de Christaller fonctionne selon le même principe, mais à une autre échelle d'agrégation. L'agent représentatif est un consommateur de biens et de services, et l'échelle n'est plus la micro exploitation agricole mais un système urbain. Ce modèle exprime la hiérarchisation des lieux de peuplement à partir de la hiérarchie des biens offerts (la portée limite d'un bien dépend de son prix unitaire) et de la hiérarchie des préférences du consommateur (fréquence de consommation d'un bien et minimisation des coûts de déplacement).

Ces deux modèles rentrent ainsi parfaitement dans le cadre de l'individualisme méthodologique qui se propose d'exprimer les conséquences attendues de comportements rationnels. Mais l'individualisme méthodologique propose également un cadre d'analyse des conséquences non intentionnelles d'actions individuelles intentionnelles : l'émergence de la coopération à partir de comportements non coopératifs chez Axelrod (1984) ou la production d'une ségrégation spatiale dans le modèle de Schelling (1978) en sont l'illustration.

La stratégie employée pour explorer la dynamique de ce dernier paradoxe est basée sur le degré de tolérance d'un individu aux étrangers, présents dans son voisinage. L'individu dans ce modèle n'est pas contraint par des logiques de niveau supérieur, sociales ou spatiales, il ne déménagera que si le nombre d'étrangers dans son voisinage dépasse un seuil de tolérance fixé, identique pour tous. L'effet pervers qui est exploré ici est qu'avec un seuil de tolérance relativement important, on assiste

malgré tout à une forte ségrégation spatiale du fait de l'importance des rétroactions positives qui sont liées aux déplacements (Daudé E. & Langlois P. 2006). Ce modèle permet ainsi de comprendre les effets imprévus qui peuvent résulter du jeu des interactions entre individus, productions qui échappent en partie à la maîtrise des individus, qui sont ici individuellement tolérant et collectivement ségrégationniste.

Les différents modèles brièvement exposés ici sont à classer dans la catégorie des précurseurs oubliés. Certes les géographes se sont appropriés les résultats produits – structures spatiales concentriques, hiérarchie des lieux de peuplement etc. -, mais ils ont cessé d'explorer les logiques associées à l'atome productif de ces structures, l'individu. Il est probable que cette lacune provient moins du niveau de modélisation choisi, l'individu, que de la démarche utilisée, l'individualisme méthodologique. En refusant de considérer les échelles intermédiaires dans l'étude des phénomènes, l'individualisme méthodologique se perd en effet dans une surdétermination des actes individuels dans la production des normes, des structures et des dynamiques spatiales. Or ces échelles intermédiaires et leurs attributs ont un effet stabilisateur important sur les phénomènes du vivant, ce qui explique les aspects peu chaotiques de ces phénomènes, au moins à petite échelle et sur des temporalités moyennes. Ainsi, en posant la question de l'autonomie et du rôle des niveaux intermédiaires dans la production et l'évolution des phénomènes du vivant, la règle fondamentale de l'individualisme méthodologique, « ne jamais traiter les collectifs comme des sujets » est profanée. Cette première limite conduira au développement de l'analyse spatiale et à l'analyse systémique. Le second élément qui a probablement freiné la percée de l'individualisme méthodologique en géographie est le moule dans lequel cette démarche forge le sujet : son expérience ne permet ni ne limite ses actions, il est transparent aux normes, aux habitudes, aux influences etc. il est un clone indifférencié et instrumentalisé par sa seule rationalité.

B. ... à l'exemplaire unique

La Time-Geography et la Micro-Simulation vont contourner en partie ces deux limites, la première en introduisant des concepts tels que le projet du sujet et les contraintes autobiographiques, la seconde en introduisant la notion d'influence sociale dans sa méthodologie. La TG est présentée comme une ontologie des comportements des individus plongés dans l'espace et le temps, alors que la MS est une méthode qui s'appuie sur la diversité des individus et de leurs comportements pour explorer des dynamiques collectives.

Le projet de la Micro-Simulation (Orcutt G. 1957) est de tester à un niveau macroscopique les effets de différents scénarios à partir de modèles dont le niveau de formalisation est le plus fin possible : le principe de base est de retenir comme unité élémentaire la plus petite unité décisionnelle de l'organisation étudiée. C'est l'hétérogénéité des attributs, la variété des activités et les probabilités d'évolution de ces entités qui sont

privilegiées pour rendre compte des évolutions globales. Si dans les premiers travaux de MS un seul niveau d'organisation est modélisé et la dimension spatiale inexistante, les géographes ont dépassé ces limites. Le modèle MICDYN par exemple (Aschan-Leygonie C. & al. 2000) a pour objectif d'explorer les effets de différents scénarios sur la configuration du peuplement dans une région. Deux niveaux sont présents dans le modèle, celui des individus, qui sont caractérisés par des attributs démographiques, économiques et sociaux (âge, catégorie sociale, revenu etc.), et celui des communes, qui sont caractérisées par un stock de logement, un potentiel économique ou un niveau d'attraction. A ces deux niveaux élémentaires sont alors associés des règles distinctes.

La MS est principalement une méthode de modélisation des règles d'évolution des états des individus, ou plus généralement des entités élémentaires choisies. Ces règles se décomposent schématiquement en deux catégories. Une première catégorie d'évolution est de nature déterministe, lorsqu'une année s'est écoulée, l'âge de l'individu est incrémenté d'une unité. Une seconde catégorie d'évolution repose sur des modèles probabilistes, ceux-ci prennent en compte les événements susceptibles de marquer la vie d'un individu au cours d'un pas de temps : la probabilité qu'un individu décède au cours de l'année augmente avec l'âge de l'individu alors que la probabilité que ce même individu trouve un emploi, s'il est au chômage, diminue à partir d'un certain seuil de cette même variable, chacune de ces probabilités étant estimée sur un échantillon représentatif de la catégorie. C'est dans ce contexte que la notion d'influence sociale sur le devenir de l'individu est intelligible, l'individu étant « poussé » à agir selon la catégorie sociale, et les comportements qui y sont associés, dans laquelle le modélisateur l'a inséré. Ainsi la probabilité que l'individu δ se rende à un colloque de Géographie en juin 2006 sachant que celui-ci fait partie d'une catégorie de chercheurs en géographie est égale à P . Une fois défini, le modèle permet d'analyser dans le temps les variables significatives associées aux individus, et par agrégation à des groupes, en introduisant des changements de paramètres pour étudier leurs conséquences.

Si la Time-geography (TG) (Hägerstrand T. 1970, 1995) ne dispose pas d'un cadre méthodologique aussi rigoureux que la Micro-Simulation, elle propose cependant un cadre théorique plus riche pour le géographe qui s'intéresse à l'individu dans l'espace. La TG est davantage orientée vers une réflexion sur le comportement spatio-temporel de l'individu. Selon Hägerstrand, les actions de l'individu sont largement déterminées par ses objectifs, ses devoirs et ses projets. L'individu agit dans un espace-temps fini, partiellement contraint par l'existence de lois naturelles et de conventions sociales. L'individu est inséré dans des groupes composés eux-mêmes d'individus, avec lesquels il interagit. Il existe ainsi des lois simples qui contraignent le comportement de l'individu à une échelle spatio-temporelle fine, mais que la plupart des modèles dont

nous discuterons plus loin négligent : contrainte d'exclusion - plusieurs personnes ne peuvent occuper le même espace au même moment - ; contrainte d'indivision - l'individu ne peut se projeter dans plus d'une dimension spatio-temporelle à la fois - ; contrainte autobiographique - certains événements ne se produisent qu'au travers d'un enchaînement d'évènements - ; contrainte géographique - la proximité aux ressources est nécessaire à la réalisation de projets - ; contrainte temporelle - réaliser une action prend du temps - ; contrainte de pouvoir - capacité à mettre en action ses projets dans un espace-temps déterminé -. A la différence de l'individualisme méthodologique, ces contraintes spatio-temporelles peuvent amener l'individu à agir au détriment de ses intérêts. La Time-Geography propose ainsi un cadre d'organisation des connaissances, en regroupant par sous catégories les caractéristiques essentielles de l'individu plongé dans l'espace et le temps : projets, contraintes, besoins, ressources. Pour la TG, la présence d'un individu δ à un colloque de Géographie en juin 2006 est liée à sa biographie – ancien doctorant avignonnais – à la concordance temporelle du projet aux contraintes – fin des cours –, à son appartenance à un réseau de chercheurs qui partagent un projet commun etc. L'individu n'est donc pas un exemplaire comme en MS mais un cas unique. Ceci explique probablement l'incapacité méthodologique dans laquelle se trouve ce courant pour analyser et traiter des données portant sur de nombreux individus (Chardonnel S. 2001).

Il existe une forte complémentarité entre la Micro-Simulation et la Time-Geography, l'une focalisant son approche sur l'évolution des états internes de l'individu (les variables d'états), l'autre s'intéressant davantage aux comportements et aux interactions entre individus influencés par un contexte spatio-temporel. La rencontre entre ces différentes dimensions peut être perçue dans les travaux précurseurs de T. Hägerstrand (1953) qui portent sur la diffusion des innovations. Celui-ci a en effet développé un modèle de simulation qui pose de manière implicite ces principes, tout en centrant sa recherche sur les processus d'interactions individuelles dans l'analyse du processus. Ses recherches dans ce domaine sont originales et annoncent les développements récents de la simulation en géographie (Daudé E. 2004, 2006).

La perspective individuelle dans les travaux des géographes a ainsi oscillé le long de ce continuum, du clone rationaliste de l'individualisme méthodologique à l'exemplaire unique de la Time-geography. Ces différentes approches s'insèrent dans des intervalles spatio-temporels distincts : l'individualisme méthodologique est atemporel et s'applique aussi bien à une échelle micro que macro géographique ; La micro simulation se situe plutôt dans le cadre d'études macro géographique et sur moyenne période ; la Time-geography concerne davantage des micro-temporalités et des micro-espaces, celui des mobilités quotidiennes par exemple.

Les modèles mettant au cœur de leurs formalismes l'individu ont progressivement disparu des travaux de

géographie quantitative. Comme on l'a vu, le développement de l'analyse spatiale a entraîné un changement d'échelle. Le statistique prévalant sur l'anecdotique, le choix de l'unité spatiale - la parcelle, la commune, le département ... - vise, en résumant la grande diversité des comportements individuels, à se libérer des échelons inférieurs. L'arrivée dans les années 1990 de l'Intelligence Artificielle Distribuée et des Systèmes multi-agents va cependant amener progressivement les géographes à re-questionner l'interdépendance des niveaux d'organisation et, sollicités par les autres disciplines, ils devraient être amenés progressivement à expliciter leur point de vue sur l'individu géographique dans le cadre des sciences de la complexité.

II. La complexité ou le retour de l'acteur individuel en géographie.

Les actions et événements associés aux individus sont en partie liés à leurs caractéristiques, au contexte environnemental et aux interactions avec les autres acteurs. Ces actions et événements sont également liés à leurs comportements, qui sont, en dehors des comportements réflexes, le résultat de leurs intentions, de leurs devoirs et des projets qu'ils élaborent. Ces actions et événements sont enfin soumis à un ensemble de contraintes et d'aléas qui s'insèrent dans un contexte spatio-temporel. Il est donc nécessaire de prendre en compte la dimension individuelle, même déployée dans le cadre d'un certain nombre de contraintes, pour élaborer une formalisation de cette complexité socio-spatiale. La recherche de propriétés nouvelles, de phénomènes émergents, difficilement observables par l'analyse des composants élémentaires, tente alors de cerner la manifestation de cette complexité aux différentes échelles d'observation des phénomènes étudiés, c'est là le projet des sciences de la complexité (Clergue G. 1997).

A. L'individu complexe

L'individualisme méthodologique complexe (IMC), selon l'expression de J.-P Dupuy (1992), correspond à ce schéma de pensée. L'IMC tient compte de l'autonomie des individus tout en préservant la complexité et l'autonomie partielles des phénomènes collectifs. L'IMC repose sur deux propositions qui dans le débat qui « oppose » les partisans de l'individualisme méthodologique à ceux du holisme apparaissent inconciliables :

- ❖ Ce sont les acteurs individuels qui font ou produisent les phénomènes collectifs ;

- ❖ Les phénomènes collectifs sont infiniment plus complexes que les individus qui les ont engendrés, ils ne sont livrés qu'à leurs propres lois.

Dans ce contexte, le système global est vu comme un effet de combinaison des actions individuelles et des

logiques de niveaux supérieurs. La question est alors de savoir quel est le niveau de compréhension et de modélisation pertinent lorsqu'on étudie un phénomène? Le choix résidentiel est-il par exemple un phénomène individuel ou un phénomène social ?

Les choix de localisation relèvent de la sphère individuelle, dans la mesure où les compétences stratégiques des individus sont une propriété essentielle dans leurs décisions, aptitudes qui ne se limitent pas à la seule capacité économique. Les notions de capital culturel et social peuvent être mises en avant (Bourdieu P. 2000), comme la faculté que possède un individu à mettre en relation, et en adéquation, ses pratiques ou intentions avec le lieu : la stratégie de la carte scolaire en est un exemple.

Les choix de localisation relèvent également de la sphère sociale, dans la mesure où l'individu sollicite des informations globales, objectives et subjectives, dans sa stratégie de localisation. On parlera d'input objectif pour caractériser des données agrégées qui orientent les choix de l'individu : prix du foncier, diversité des services offerts, niveau de délinquance etc. On parlera d'input subjectif pour caractériser la perception et la représentation de l'espace produit par la collectivité et qui est à la disposition de l'individu. Cet input est relativement important pour les nouveaux habitants, qui vont se forger un premier niveau de connaissance de la ville en fonction de la représentation que s'en font les membres de leur nouveau réseau social par exemple.

On peut ainsi voir le choix de s'établir en un lieu comme le résultat, en partie, d'un processus engendré par la ou les représentations mentales de l'individu. Cet output cognitif, le choix d'un lieu, est un input pour autrui, car il lui est perceptible. L'ensemble de ces signes visibles sont des productions publiques (Sperber D. 1997) et alimentent les représentations mentales des individus, qui vont à leur tour, à travers leurs output, faire évoluer la production publique. L'espace urbain, à travers les choix résidentiels, peut ainsi être compris comme un système de chaînes causales où se confrontent réalités individuelles, représentations mentales et contraintes environnementales, toutes trois en continuelles modifications, souvent en décalage : c'est donc un phénomène à la fois individuel et social, qui implique une modélisation à la fois individuelle (l'agent) et sociale (le groupe).

Si comme on l'a vu la Time-Geography et la Micro-Simulation constituent une aide précieuse pour formaliser les comportements individuels dans l'espace et le temps, les aspects cognitifs de l'individu et la hiérarchie des niveaux leurs restent pour l'instant hors de portée. Le développement de l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD) et plus particulièrement des systèmes multi-agents (SMA) en géographie ajouteront cette nouvelle dimension.

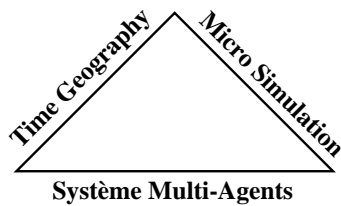


Fig. 1 : Le tryptique de l'individu géographique

Le domaine des SMA concerne l'étude et la conception de systèmes composés d'un ensemble d'entités disposant d'un certain degré d'autonomie (les agents) et interagissant les uns avec les autres. Ces entités sont caractérisées par un comportement relativement simple - principe de parcimonie -, coopèrent et coordonnent leurs activités afin de réaliser collectivement une tâche. Si ce dernier aspect concerne plus particulièrement l'univers de la robotique et du génie logiciel, les domaines d'application se sont élargis depuis une dizaine d'années. Ils touchent notamment les sciences humaines et sociales à travers la simulation de phénomènes complexes. La modélisation multi-agents propose ainsi un cadre conceptuel qui permet de représenter et de simuler des systèmes faisant intervenir différents agents-objets en interaction entre eux et avec leur environnement (Daudé E. & Langlois P. 2006).

L'agent-objet peut être conçu comme un programme informatique avec des entrées, un fonctionnement interne et des sorties. Son comportement est fonction de ses états internes, définis en partie par la connaissance qu'il a de lui-même et en partie par la connaissance qu'il a des autres. L'agent est ainsi capable de communiquer. L'interaction est au centre de la simulation multi-agents, celle-ci peut se réaliser avec l'environnement ou avec d'autres agents. L'interaction est donc à la fois une entrée (recevoir des messages) et une sortie (envoyer des messages) dans l'univers des agents. On distingue deux types d'interactions. Premièrement les interactions à événement immédiat, lorsque l'entrée produit automatiquement un résultat en sortie : c'est notamment le cas dans le champ des agents réactifs pour lesquels le comportement est fonction de stimulations en entrée (comme dans le modèle de Schelling). Deuxièmement les interactions à événement différés, c'est le cas lorsqu'une entrée ne produit pas systématiquement une sortie mais modifie seulement une ou plusieurs variables d'état de l'agent. Ce type d'interaction intervient dans le domaine des agents cognitifs, pour lesquels des processus de réflexion sont implémentés (stratégie, évaluation, adaptation etc.). Il s'agit dans ce contexte de mettre en œuvre une forme d'intelligence de l'agent dans un contexte spatio-temporel évolutif, sans qu'il y ait nécessairement une réponse immédiate de l'agent à cette évolution. Ceci peut-être particulièrement intéressant pour les recherches sur les représentations socio-spatiales.

B. L'individu réactif

Les recherches qui s'inscrivent dans une modélisation de comportements individuels pour rendre

compte de dynamique de niveaux supérieurs sont en plein essor ces dernières années. La plupart de ces recherches sont strictement bottom-up, soit parce qu'elles ne prennent pas en compte des contraintes structurelles dans l'évolution du phénomène étudié, soit parce que ces contraintes de niveau supérieur sont imposées au système, par le biais de l'environnement. Une critique qui découle de cette approche est qu'elle ignore les récents débats sur les théories sociales, notamment celles faisant le lien circulaire entre individu et société. Ceci est un faux argument dans la mesure où les modélisateurs expriment explicitement leurs soucis de se dégager des structures pour les faire émerger. Citons les modèles portant principalement sur la mobilité des individus pour étudier le trafic urbain (Banos A. 2005), les choix résidentiels (Vanbergue D. & al. 2000) ou la propagation d'épidémies (Eubank S. & al. 2004). D'autres modèles explorent les comportements individuels pour étudier l'émergence de configurations spatiales, telle la coopération territoriale (Bussi M. & Daudé E. 2005), la ségrégation spatiale (Daudé E. & Langlois P. 2006) ou la diffusion d'innovation (Daudé E. 2006). Dans ces travaux, la description et la modélisation se font à un niveau individuel, mais la compréhension du phénomène se réalise à un niveau global d'observation.

Si ces recherches sont basées sur la modélisation de comportements réflexes qui répondent à des stimulations par la mise en œuvre d'une action, elles s'extraient ainsi des logiques sociales évoquées plus hauts, à l'instar des mouvements de panique.

Le projet MOSAIIC (Modélisation et Simulation d'Accidents Industriels par méthodologie Individu-Centrées) poursuit cette démarche, il vise à appréhender la vulnérabilité humaine lors d'un accident industriel (Daudé E. & al. 2006). Il s'agit d'aborder cette question géographique à travers le temps des actions humaines, dans le contexte spatial de leur environnement et dans le contexte spatio-temporel de l'accident, comme la propagation d'un nuage toxique en milieu urbain. L'hypothèse de ce projet est que les conséquences globales de ce type d'accidents sont largement dépendantes des comportements individuels, de leurs interactions et de la manière dont ils se contraignent. S'il fallait caricaturer, et c'est toujours ce que l'on fait durant les premières phases de réflexion, on dirait qu'en cas d'accidents industriels, la logique individuelle est de fuir, autant que possible parmi les premiers. Or si tous les individus suivent ce comportement archaïque, l'effet de saturation se produit et pénalise les derniers, qui sont bloqués et ne peuvent ni s'échapper, ni être secouru par les services de secours qui sont bloqués par les premiers : bel effet de complexité que l'on a pu observer durant l'accident d'AZF à Toulouse en 2001. La complexité offre ici la perspective d'explorer les conséquences involontaires de comportements involontaires, qui échappent à la raison et apparaissent sans solution dans l'univers de l'individualisme méthodologique. Dans ce contexte, toute action apparaît comme le produit d'un subtil mélange de désiré et non désiré, de souhaité et de non souhaité, de hasard et de déterminé, dont l'influence

de l'un n'est pas à priori plus négligeable que l'influence de l'autre sur l'action produite.

C. L'individu cognitif

Il n'existe pas, à notre connaissance, de modèles de simulation utilisant à la fois des agents cognitifs et différents niveaux d'organisation en géographie, à l'exception des quelques travaux portant sur les interactions environnements / individus / sociétés (Bonnefoy J.-L. & al. 2000).

Un agent cognitif est un agent qui perçoit son environnement, même de façon limitée, élabore une stratégie en fonction de ses objectifs, agit, évalue les effets de cette action en vue de modifier sa perception et sa stratégie. Cette vision de l'agent est proche de celle des cognitivistes qui ont introduit l'hypothèse de rationalité limitée, les agents étant supposés « myopes » et agissant selon une rationalité adaptative, évolutive et stratégique (Walliser B. 2000), largement utilisé par les économistes (Tesfatsion L. & Judd K. 2006).

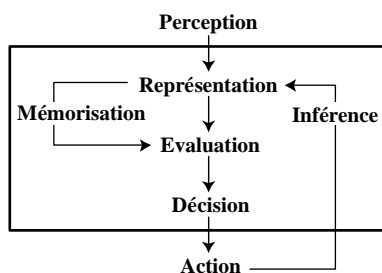


Fig. 2 : De la perception à l'action

La spécificité de la géographie dans cette analyse se situe dans le traitement de ce que les individus perçoivent de l'espace et ce qui en résulte dans leurs pratiques. Cette spécificité se prolonge avec l'affirmation du rôle des niveaux intermédiaires dans la production des perceptions et des comportements individuels. Cet aspect renvoie entre autre à la question de l'articulation entre les normes individuelles et des normes collectives et les potentialités méthodologiques des SMA pour en rendre compte. L'architecture AGR, pour Agent-Groupe-Rôle (Ferber J. & Gutknecht O. 1998) est une approche organisationnelle qui apporte une réponse méthodologique à cet intérêt. Dans ce modèle, un agent est toujours inscrit dans un groupe, ou un ensemble de groupes, dans lesquels il joue des rôles. Un rôle décrit ici la fonction qu'un agent réalise au sein d'un groupe, et donc sa manière de réagir aux requêtes, les actions et tâches qu'il doit prendre en charge, son comportement relationnel etc. Même si ce type d'approche suscite des débats, notamment sur les comportements déviants par rapport aux normes, elle est cependant d'un grand intérêt dans la mesure où elle propose un début de grammaire de comportements élémentaires.

La question de l'utilité d'intégrer des agents cognitifs en géographie n'est donc pas triviale. Tout système complexe se définit en effet par deux fonctions essentielles : la fonction de représentation et la fonction d'auto-organisation. Les systèmes complexes sont

plongés dans des environnements soumis à des variations. Selon l'amplitude de ces changements, le système doit pouvoir prélever des ressources internes et externes et modifier sa structure pour assurer sa survie. Le système doit donc être capable d'engendrer et stocker des informations sur son environnement pour ses besoins futures (représentation) et doit pouvoir adapter son comportement ou modifier sa structure interne sans l'intervention d'un intervenant extérieur (auto-organisation). La cognition, qui regroupe ces deux fonctions, a du sens en géographie dans la mesure où in fine ce processus se ramène à l'espace : répondre aux intérêts d'un territoire dans le cadre des jeux non coopératifs, contrôle d'une portion de l'espace par des acteurs économiques, maintien d'une position relative dans un système etc. Comprendre comment des processus sociaux insérés dans un cadre spatial produisent de l'espace relève aussi de la géographie.

L'individu complexe s'insère ainsi pleinement dans la théorie des trois mondes de Karl Popper. Le monde 1 est celui de la matière, le monde physique qui existe indépendamment de nos expériences. Le monde 2 est celui de nos expériences et de nos connaissances, il est largement subjectif et dépend de nos perceptions et représentations. Le monde 3 est celui de la connaissance objective, des théories, des normes et des informations à notre disposition et qui existent indépendamment de nos relations avec elles. Choisir un lieu d'habitation dépend ainsi de la disponibilité dans le parc foncier (monde 1), du prix du foncier (monde 3) et de la connaissance / représentation que l'on a des quartiers (monde 2).

III. Conclusion

Le retour de l'individu dans les modèles géographiques est permis par les acquis théoriques et méthodologiques de la Micro-Simulation, de la Time-Geography et des Systèmes Multi-Agents. L'une met l'accent sur l'hétérogénéité et la dynamique de groupe, l'autre sur les interactions spatio-temporelles, la dernière sur le comportement adaptatif, l'auto-organisation et l'émergence. Un travail important reste à faire sur la manière de formaliser au travers des SMA la représentation socio-spatiale des agents et ses effets sur les comportements. L'introduction des aspects cognitifs de l'individu en géographie ne signifie pas que l'on mette en exergue les autres niveaux d'organisation, rappelons que c'est la reconnaissance de l'imbrication des niveaux qui fait la force de l'analyse géographique. Il s'agit plutôt de combler une lacune en réintroduisant, sans complexe, un peu de libertés individuelles dans notre représentation du monde.

Une critique récurrente est que ces approches, et ces modèles, simplifient à outrance le comportement des acteurs individuels et qu'elles négligent des aspects importants du fonctionnement des sociétés. Faut-il pour cela abandonner la modélisation ? La réponse est

évidemment non. Si la modélisation, quelle que soit la méthodologie employée, repose sur des simplifications de la réalité, il en est de même des représentations de la réalité qui sont-elles aussi des simplifications. Un modèle propose un cadre explicite, et réfutable, de son champ de validité ce qui n'est pas le cas des métaphores tout aussi simplificatrice mais plus souvent sans cadre.

IV. Références bibliographiques

- Aschan-Leygonie C., Mathian H., Sanders L. & Mäkilä K.** 2000 - A spatial microsimulation of population dynamics in Southern France : a model integrating individual decisions and spatial constraints. In Ballot G. & Weisbuch G. (eds) - *Applications of simulations to social sciences*, Hermès, Paris, p. 109-125.
- Axelrod R.** 1984 - *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, New York, 256 p.
- Banos A.** 2005 - Des trajectoires individuelles à la ville en mouvement: reconstruire les mobilités urbaines quotidiennes, *Actes des 13^{èmes} journées de Rochebrune*, p. 289-300.
- Bonnefoy J.L., Le Page C., Rouchier C. & Bousquet F.** 2000 - Modelling Spatial Practices and Social Representations of Space Using Multi-Agent Systems. In Ballot G., Weisbuch G. (ed) - *Applications of Simulation to Social Sciences*, Hermès, Paris, p.155-168.
- Bussi M. & Daude E.** 2005 - Le dilemme du prisonnier spatialisé : Application aux coopérations territoriales, *Actes du colloque Théo Quant'05*, 15 p.
- Bourdieu P.** 2000 - *Les structures sociales de l'économie*, Editions du Seuil, Paris, 282 p.
- Chardonnel S.** 2001 - La time-geography : les individus dans le temps et dans l'espace. In Sanders L. (dir.) - *Modèles en analyse spatiale*, chap. 4, Hermès, Paris, p. 129-156.
- Clergue G.** 1997 - *L'apprentissage de la complexité*, Hermès, Paris, 159 p.
- Daudé E.** 2004 - Apports de la simulation multi-agents à l'étude des processus de diffusion, *Cybergeog : Revue européenne de géographie*, n°. 255, 15 p.
- Daudé E.** 2006 - A Monte Carlo approach to diffusion : une étude « historique » revisitée par la modélisation multi-agents. In F. Amblard, & D. Phan (dir.) - *Modélisation et simulation multi-agents pour les Sciences de l'Homme et de la Société : une introduction*, Chap. 16, Hermès, Paris, p. 353-377.
- Daudé E. & Langlois P.** 2006 - Comparaison de trois implémentations du modèle de Schelling. In F. Amblard & D. Phan (dir.) - *Modélisation et simulation multi-agents pour les Sciences de l'Homme et de la Société : une introduction*, Chap. 17, Hermès, Paris, p. 379-409.
- Daudé E. & Langlois P.** 2006 - Introduction à la modélisation multi-agents des systèmes complexes en géographie. In F. Amblard & D. Phan (dir.) - *Modélisation et simulation multi-agents pour les Sciences de l'Homme et de la Société : une introduction*, Introduction Partie IV, Hermès, Paris, p. 327-330.
- Daudé E., Dubos-Paillard E., Langlois P., Propeck E., Provitolo D. & Saint-Gérard T.** 2006 - *Accidents Industriels Majeurs et Vulnérabilités Humaine en Haute-Normandie : Modélisation et Simulation en Milieu Urbain*, Institut Régional des Sciences Humaines et Sociales (IRSHS), contrat 2006-2008, p. 22.
- Dupuy J.-P.** 1992 - *Introduction aux sciences sociales. Logique des phénomènes collectifs*, Ellipses, Paris, 297 p.
- Eubank S., Guclu H., Kumar V., Marathe M., Srinivasan A., Toroczkai Z. & Wang N.** 2004 - Modeling disease outbreaks in realistic urban social networks, *Nature*, 429, p. 180-184.
- Ferber J. & Gutknecht O.** 1998 - Aalaadin: a meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems. In *Third International Conference on Multi-Agent Systems*, Paris, IEEE, p.128-135.
- Hägerstrand T.** 1953 - *Innovationsförloppet ur Korologisk Synpunkt*, Meddelanden från Lunds universitets geografiska institution, avhandlingar XXV, Lund University. (*Innovation Diffusion as a Spatial Process*, University of Chicago Press, traduit par Pred A. 1967, Chicago, p. 267).
- Hägerstrand T.** 1970 - What about people in regional science?, *Papers of the Regional Science Association*, n° 24, p.7-21.
- Hägerstrand T.** 1995 Action in the physical everyday world. In Cliff A., Gould P., Hoare A., Thrift N. (ed. by) - *Diffusing Geography: Essays for Peter Haggett*, Blackwell, Oxford, p. 33-45.
- Orcutt G.** 1957 - A new type of socio-economic system, *Review of Economics and Statistics*, n°58, p. 773-797.
- Schelling T.** 1978 - *Micromotives and Macrobehavior*, Norton, New-York, p. 252.
- Sperber D.** 1997 - Individualisme méthodologique et cognitivisme. In Boudon R., Chazel F. & Bouvier A. - *Cognition et sciences sociales*, Presse Universitaires de France, Paris, p. 123-136.
- Tesfatsion L. & Judd K. (eds.)** 2006 - *Handbook of Computational Economics, Vol. 2: Agent-Based*

Computational Economics, Handbooks in Economics Series, Elsevier, North-Holland, p. 904.

Vanbergue D., Treuil J.-P., Drogoul A. 2000 - Modelling urban phenomena with cellular automata, *Advances in Complex Systems*, vol. 3, n°1-4, p. 127-140.

Walliser B. 2000 - *L'économie Cognitive*, Odile Jacob, Paris, p. 250.