

La sociologie face à la mathématisation

Pierre-Michel Menger



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/enquete/172>

DOI : 10.4000/enquete.172

ISSN : 1953-809X

Éditeur :

Cercom, Éditions Parenthèses

Édition imprimée

Date de publication : 2 septembre 1993

Pagination : 51-78

Référence électronique

Pierre-Michel Menger, « La sociologie face à la mathématisation », *Enquête* [En ligne], 8 | 1993, mis en ligne le 09 juillet 2013, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/enquete/172> ; DOI : 10.4000/enquete.172

La sociologie face à la mathématisation*

Pierre-Michel Menger

- 1 La position de la sociologie à l'égard des mathématiques peut être analysée en trois temps. D'une part, un bilan peut être dressé des formes prises par la mathématisation de la sociologie, à partir des développements qu'a connus depuis une trentaine d'années, et essentiellement aux États-Unis, le courant de la sociologie mathématique. En évoquant ce domaine de recherche comme un courant, on peut comprendre déjà que les tentatives les plus poussées de mathématisation de la sociologie ne sont qu'une des formes d'activité dans la recherche sociologique : le recours à la formalisation mathématique et aux propriétés heuristiques de la modélisation mathématique est en effet très loin d'occuper en sociologie une position comparable à celle de la mathématique dans la science économique. Tel sera mon deuxième point : évoquer la mathématisation des sciences sociales revient pour une bonne part à circonscrire l'analyse à la comparaison avec la discipline pivot, sous ce rapport, l'économie. Nous concentrerons le débat sur les conditions auxquelles doivent satisfaire la construction et la mesure des faits en économie pour que puissent être inventés modèles et formalismes mathématiques, et sur les différences qui séparent alors le travail et les outils conceptuels et techniques de l'économiste de ceux du sociologue. Cette comparaison conduirait tout droit à un constat alarmant pour la sociologie, décidément très loin d'approcher le niveau de formalisation aujourd'hui présent dans les articles d'économie, si la posture épistémologique des deux sciences, notamment au regard de la « mathématisabilité » des faits sociaux et des comportements humains, n'était pas profondément différente. D'où notre troisième point : les recours moins étendus à la formalisation dans la recherche sociologique peuvent être compris autrement qu'en termes négatifs d'immaturation scientifique, par qui défend l'originalité épistémologique de la sociologie.

1. La sociologie et ses mathématiques

- 2 En sociologie, certains des pionniers de la mathématisation comme J. Coleman ou H. White ont présenté leur agenda de recherche comme la construction d'une théorie mais la plupart des sociologues situés hors du champ de la sociologie mathématique voient plutôt en eux des méthodologues. La théorie sociologique, telle que la pratiquent ceux qui s'intitulent théoriciens en sociologie, est, à de rares exceptions, très éloignée de la modélisation mathématique.
- 3 L'essentiel de ce qui s'appelle théorie sociologique n'est pas traduit en termes mathématiques. Ce qui est surtout pratiqué en théorie sociologique, c'est l'histoire de la sociologie, la métathéorie, l'élaboration conceptuelle de ce qu'on appelle norme, capital, rôle, position, espace social, etc., sans nécessité de formulation mathématique originale. C'est la raison pour laquelle, selon certains, la théorie sociologique n'aurait pas beaucoup progressé ces dernières années.
- 4 Il importe pourtant de décrire ce qu'a été l'effort pour développer les outils mathématiques en sociologie et pour construire une branche particulière de la sociologie, la sociologie mathématique, même si l'importance de cette dernière est très loin d'atteindre celle qu'obtient en économie l'économie mathématique¹.
- 5 La distinction principale qui orientera cette description sépare les modèles de processus sociaux des modèles de structure sociale. Schématiquement, les premiers s'attachent à modéliser le changement des valeurs que prend une variable ou un ensemble de variables, comme fonction du temps ; les seconds visent à déterminer la structure des relations entre les valeurs des variables dépendantes et indépendantes en un point donné du temps.

Les modèles déterministes de structure sociale

- 6 L'analyse des structures causales par la mathématique des équations algébriques constitue la forme la plus connue et la plus usuelle de formalisation en sociologie. L'intensité de la liaison entre les variables, mesurée à partir des coefficients de régression, renseigne sur la relation de causalité.
- 7 L'analyse causale des données statistiques et les multiples techniques de calcul statistique ont été développées initialement en biologie et en sociologie, puis surtout en économétrie et ont conduit notamment à traiter les structures causales complexes où les variables explicatives sont elles-mêmes liées, à déterminer les réseaux de relations causales sous-jacents aux variables considérées, en étendant les méthodes de calcul des variables quantitatives aux variables qualitatives. L'analyse multivariée et l'analyse de dépendance abondamment employées par les sociologues depuis 20 ans permettent de modéliser les relations de causalité par étape, par le choix approprié des variables tests introduites. Mais dans tous les cas, qu'il s'agisse de corrélations simples ou de réseaux complexes de relations entre variables, la variété des techniques élaborées ne débouche pas sur une modélisation adéquate si la formulation d'hypothèses sur les relations d'interaction et de dépendance causale n'est pas assez précise et discriminante pour engendrer des conclusions interprétatives fécondes. La complexité des relations entre variables que cherche à restituer un système d'équations algébriques risque toujours en effet toujours

d'être réduite à un raisonnement causal simplificateur, quand les limites de traductibilité en langage naturel de la formalisation mathématique cumulent leurs effets avec le caractère déterministe de l'explication structurale causale.

- 8 Bien qu'utilisée généralement dans un sens probabiliste, la notion de causalité soutient en effet des modèles déterministes où, à la différence des modèles stochastiques, les valeurs prises par les variables dépendantes ne sont pas exprimées par des distributions de probabilités. L'aléa est introduit dans les modèles d'analyse causale à travers la présence d'un terme d'erreur rendant compte d'erreurs de mesure ou de l'existence de variables non mesurées. Le comportement de ce terme d'erreur est crucial dans les régressions linéaires pour le choix des procédures d'estimation : la recherche sociologique a adopté et développé des méthodes et des techniques d'estimation familières à l'économétrie.
- 9 À bien des égards, rien ne distingue fondamentalement les méthodes sociologiques d'analyse multivariée et d'analyse par simulation des techniques de calcul propres aux économistes. Plutôt que de modélisation mathématique caractéristique de la formalisation en sociologie déterministe, il s'agit ici de méthodes statistiques communes aux sciences sociales confrontées aux données empiriques. C'est en effet ce domaine de la sociologie mathématisée qui s'apparente le plus au contenu de la méthodologie quantitative et de la statistique, le développement de modèles se confondant souvent avec le choix de techniques appropriées d'analyse des données.

L'analyse sociologique des processus sociaux

- 10 L'étude des processus est centrée sur le changement : des variables caractérisant des individus, des groupes sociaux ou des structures sociales sont soumises à un changement dont on veut identifier la cause. Ce qui implique de spécifier le mécanisme de changement, par la modélisation du processus de changement et, d'évaluer les influences causales exercées par le mécanisme de changement. La représentation du changement dépend de trois caractéristiques : la forme temporelle du changement (temps continu, conduisant à l'emploi d'équations différentielles, ou intervalles temporels discrets, supposant le recours à des équations aux différences finies), le caractère continu ou discret de la variable étudiée, la conception stochastique ou déterministe du processus de changement, qui rend compte de l'évolution temporelle d'un système soit en décrivant les probabilités pour un système de se trouver dans tel ou tel état à un moment donné (modèle stochastique) soit en décrivant ses états successifs, une fois précisés les conditions initiales et les lois du changement (modèle déterministe).

Les modèles stochastiques de mobilité

- 11 Les modèles stochastiques ont depuis longtemps fourni la majorité des contributions à la sociologie mathématique. Leur attrait s'explique par l'utilisation qu'ils permettent de modèles probabilistes, isomorphes au caractère mouvant des comportements individuels, et par les ressources de modélisation qu'ils fournissent pour l'analyse des variables discrètes, très fréquentes en sociologie, quand l'utilisation d'équations différentielles est impossible.
- 12 Les valeurs d'une variable sont considérées comme un espace d'états : les changements dans un tel espace d'états sont l'objet des processus stochastiques, que ces mouvements soient ceux d'un individu, d'un groupe, ou d'une autre entité. Le résultat du mouvement

est donné comme une distribution de probabilités sur l'espace d'états. Les deux classes principales de modèles stochastiques se distinguent par la nature de l'espace d'états considérés : les modèles markoviens s'appliquent à des valeurs ou catégories de variables qualitativement différentes (*e.g.* préférences politiques, position professionnelle, attitude de consommation), les modèles de processus de Poisson concernent la probabilité d'occurrence d'événements (*e.g.* survenue d'accidents du travail).

- 13 Les modèles simples de chaîne de Markov ont été beaucoup utilisés en sociologie pour analyser les phénomènes de mobilité sociale, professionnelle ou géographique (cf. Stewman, 1976). Il s'agit de saisir les données à l'aide d'une matrice de rotation montrant combien de personnes passent d'une position sociale, professionnelle ou géographique i à une position j dans un intervalle de temps donné : le modèle markovien simple conduit à calculer les taux de transition ou les probabilités de transition d'un état à l'autre. Dans leur forme simple, qui s'applique sous les conditions d'homogénéité temporelle (la loi d'évolution du système est invariante dans le temps) ou d'homogénéité de la population d'individus sur les variables indépendantes, les modèles markoviens permettent de modéliser des phénomènes sociaux relativement élémentaires (*e.g.* les probabilités de transition entre types d'intention de vote politique) et s'utilisent surtout dans des analyses théoriques (*e.g.* les changements temporels dans la structure des réseaux sociométriques, le pouvoir social) ou dans des études de situations expérimentales très simplifiées (*e.g.* les situations d'apprentissage). Pour tous les faits sociaux plus complexes, *i.e.* survenant dans des systèmes sociaux qui ne sont plus considérés comme suffisamment dégagés des influences extérieures pour que la matrice de transition markovienne puisse être tenue pour constante, il importe de relâcher l'hypothèse d'homogénéité sous sa double espèce pour dépasser les limites empiriques d'adéquation et les limites théoriques de pouvoir explicatif du modèle simple.
- 14 Différentes stratégies ont été élaborées pour inclure séparément ou simultanément hétérogénéité interindividuelle et non-stationnarité : segmentation d'une population hétérogène en sous-populations homogènes, introduction de variables à dépendance temporelle en position de variables indépendantes, modèles semi-markoviens plus flexibles, mais mathématiquement plus complexes puisqu'ils dotent en quelque sorte d'une épaisseur temporelle (temps passé dans un état) le système de paramètres décrivant l'état occupé et sa relation avec l'état de destination, modèles à états latents destinés à séparer termes d'erreur et vrais changements dans les observations de processus markoviens, modèles à équations différentielles simultanées pour les cas où deux variables ou plus d'un processus considéré s'influencent mutuellement.
- 15 Les modèles markoviens ont été massivement utilisés en sociologie pour analyser les phénomènes de mobilité sociale et professionnelle, tant intra- qu'intergénérationnelle. Nous retrouvons là les deux problèmes posés par l'emploi de chaînes markoviennes simples : l'identité sociale des acteurs n'est pas prise en compte, et le postulat de base demeure que c'est la mobilité entre les emplois ou entre les statuts qui engendre la structure et non les caractéristiques structurales d'un système qui orientent la mobilité. En sociologie du travail et des professions, l'une des tentatives les plus originales pour dépasser ces limites fut celle des chaînes de vacance de poste de H. White (1970)².

Les modèles d'influence, de contagion et de diffusion sociale

- 16 Ce sont des modèles fondés sur le décompte des états dans un espace constitué par des événements affectant une population d'individus, par des actes individuels ou par le nombre de sujets accomplissant une certaine action ou placés dans une situation donnée. Le point de départ mathématique est le processus de Poisson, modifié pour engendrer soit des modèles de contagion interindividuelle (*e.g.* comportements d'achat ou de vote ou se diffusant dans une population donnée par l'influence d'un individu ou d'un groupe sur la probabilité pour que les autres agissent de même) soit des modèles de diffusion sous l'influence d'une source constante. Ces modélisations sociologiques sont dérivées d'outils employés par les biologistes et les démographes. Le processus de contagion aura une allure exponentielle si la population est nombreuse et non limitée a priori, et une allure logistique si la population est limitée, le phénomène de diffusion s'épuisant alors dans le temps. Ces modèles supposent généralement une homogénéité des populations étudiées : ils ont été mis en concurrence avec des analyses multivariées partant de l'hétérogénéité des acteurs pour expliquer, par exemple, des phénomènes de violence dans les villes, ou la probabilité du divorce dans une population de limites données. D'autres modèles de diffusion, s'inspirant de ceux de l'épidémiologie, ont été conçus pour analyser la propagation de maladies, d'informations, de rumeurs, d'attitudes ou de pratiques (*e.g.* l'adoption d'innovations) : les hypothèses de non-récurtivité des états et surtout d'interaction équiprobable de chacun avec tous dans un milieu isotropique doivent être modifiées pour rendre compte des phénomènes d'érosion de l'influence de la source ou d'interruption du processus de contamination avant que l'ensemble d'une population ait été touchée³.

Les modèles de structure

- 17 À la différence des analyses stochastiques ou déterministes décrites plus haut, les modèles structuraux cherchent à modéliser non pas les processus de changements (exprimés par les distributions de probabilités sur les variables ou par les valeurs prises par celles-ci), mais des systèmes de relations entre des entités élémentaires (individus, groupes, organisations, clans, sociétés, nations, rôles) constitutives d'un ensemble le plus souvent conçu dans un état d'équilibre. La caractérisation des structures qui en résulte fournit une description statique relativement abstraite de la stabilité des relations entre variables.
- 18 Le défi que constitue la spécification rigoureuse du vocabulaire des structures, aussi omniprésent qu'imprécis dans les sciences sociales, suppose que soit récusé l'ancrage de l'analyse de l'action dans la simple caractérisation et agrégation des comportements individuels, que celles-ci soient le produit de l'individualisme méthodologique, qui tient les acteurs pour analytiquement indépendants et maximisateurs d'utilité, ou le produit des postulats holistes, qui voient dans les « structures sociales » des principes de détermination causale des comportements collectifs et individuels. L'analyse formalisée des structures sociales implique 1) que tout acteur soit saisi comme participant d'une système social dont les autres membres agissent sur ses perceptions, croyances, décisions et actions, et 2) que soient mis en évidence les différents niveaux de structuration d'un système social, une structure se définissant par les régularités dans la configuration des relations entre entités concrètes. L'hypothèse fondatrice est que la mesure des relations

interindividuelles capte des propriétés émergentes des systèmes sociaux inaccessibles à une approche par agrégation des attributs individuels et que ces propriétés affectent et le comportement du système et le comportement des entités élémentaires. Par exemple, la structure des liens informels d'amitié et d'antagonisme dans des groupes organisés de travail peut engendrer des variations dans les taux de productivité individuels qu'une analyse par les caractéristiques individuelles des acteurs ne permet pas de cerner.

- 19 Deux formes principales d'application ont dominé la recherche : la construction de concepts structuraux permettant la description de réseaux de relations – *e.g.* les concepts de clique, de clan, d'équivalence structurale, de hiérarchie – et la modélisation des systèmes de parenté à des fins de classification et de comparaison, d'emploi limité et que nous ne discuterons pas ici. Les outils mathématiques employés sont la théorie des graphes, l'algèbre matricielle (surtout dans le premier domaine), l'algèbre abstraite de la théorie des groupes de permutations (dans l'étude des systèmes de parenté). Les contenus substantiels des relations le plus communément étudiées sont : les transactions, les communications et échanges d'informations, les formes d'interpénétration entre groupes, par le jeu des cumuls de position de certains membres (*e.g.* entre équipes dirigeantes ou entre conseils d'administration d'entreprises), les liens affectifs, les relations d'autorité et de pouvoir, les relations de parenté.
- 20 Les études sociométriques jouent pour les modèles structuraux le rôle qu'ont les études de mobilité dans la modélisation stochastique des processus sociaux : elles sont pourvoyeuses de données empiriques relativement aisées à obtenir, mais les propriétés structurales sont malaisées à identifier sans un cadre mathématique rigoureux.
- 21 On peut distinguer trois grandes stratégies de représentation des structures sociales (Marsden, Laumann, 1984) :
- 22 – Les modèles topologiques s'inspirent des concepts sociologiques de position sociale et de rôle, et sont fondés sur l'idée mathématique d'équivalence structurale : deux objets (*e.g.* acteurs) dans un ensemble sont équivalents si et seulement si leurs relations (de quelque type qu'elles soient) à tous les autres éléments de l'ensemble sont identiques. La définition de l'équivalence structurale fournit un critère théorique pour la construction d'une réduction homomorphique des acteurs dans des positions sociales, sur la base de réseaux multiples de relations ou de types de lien (*e.g.* liens entre organisations, transferts d'information, liaisons entre entreprises par les multipositions des dirigeants, transactions d'achat et de vente).
- 23 – Les modèles de théories des graphes formalisent la notion sociologique d'un groupe en recourant à l'analyse mathématique d'un sous-graphe entièrement connecté. Au centre de la modélisation figure le concept de cohésion. La structure sociale est conçue comme un ensemble de groupes. Un groupe correspond à un ensemble d'acteurs partageant des relations effectives les uns avec les autres. La théorie des graphes fournit les moyens d'identifier des ensembles solidaires d'acteurs à travers la mesure de la densité des relations. Les données de base sont contenues dans un diagraphes (ensemble de relations non réflexives, directes et binaires définies sur un ensemble de nœuds). L'identification de groupes plus fortement connectés que le reste du réseau se fait à travers la recherche de sous-graphes à connexion maximale, appelés cliques : chaque acteur d'une clique est impliqué dans des relations de forte intensité avec tous les autres membres de la clique.
- 24 – Les modèles spatiaux de stratification sociale recourent à l'idée mathématique d'une métrique pour situer les acteurs dans un espace multidimensionnel de positions et pour

construire des représentations rigoureuses des distances sociales entre les acteurs, engendrées par leurs positions sur les différents axes de différenciation sociale. Comme les instruments utilisés pour mesurer la distance sociale n'ont pas toujours la propriété d'une métrique, la technique des échelles multidimensionnelles se fonde sur l'hypothèse d'une métrique spatiale sous-jacente et situe les acteurs dans un espace multidimensionnel où les distances entre les points figurent la distance sociale.

- 25 Ce domaine de recherche, qui demeure généralement circonscrit à l'étude de groupes sociaux de faible taille et d'un nombre limité de problèmes sociologiques, apparaît relativement isolé : ses mathématiques sont plus ésotériques dans les analyses les plus avancées, et les formalisations structurales ne permettent pas d'établir des points de contact et d'échanges avec les autres branches de la sociologie et limitent les perspectives d'intégration méthodologique et théorique.

Les modèles sociologiques de l'action intentionnelle et rationnelle

- 26 Les modèles stochastiques et déterministes de processus sociaux concevaient le changement dans le temps comme le produit de forces agissant sur les individus et les groupes et représentées par des variables causales. C'est la conception la plus commune dans la recherche sociologique empirique. Et c'est la conception qui prévaut dans la plupart des modèles de sociologie mathématique.
- 27 Mais la théorie sociologique ne saurait se réduire à ce paradigme. On trouve dès l'origine de la sociologie moderne, chez Weber (1971), une conception plurielle de l'action et de la rationalité des acteurs, qui réserve une place particulière à une théorie des processus sociaux conçus comme réalisation des actions par des acteurs intentionnels, rationnels en finalité (*zweckrational*) : des acteurs cherchent à obtenir un état futur désiré en choisissant les actions qui leur permettent de maximiser leurs chances de réussite.
- 28 On fait l'hypothèse que l'acteur a des préférences ordonnées qui sont transitives et qu'il choisit l'action qui lui procurera le résultat optimal : il agit rationnellement. Si l'on affecte aux différentes solutions des valeurs numériques représentant l'utilité de l'acteur, agir rationnellement consiste à maximiser son utilité. Un tel comportement est soit postulé, comme en théorie économique positive, soit prescrit, comme en théorie normative. La famille des théories fondées sur la rationalité maximisatrice du comportement individuel fournit une axiomatique puissante et parfaitement accordée à une formalisation mathématique, comme le montre le développement très homogène de la théorie économique à partir de ce socle.
- 29 Dans les modèles qui intéressent le plus les sociologues, le principal objectif de l'analyse est en fait d'établir ce qui constitue le comportement rationnel. Si la définition est fixée, c'est-à-dire robuste dans différents contextes de décision et d'action, des tests de la théorie peuvent être construits pour découvrir si les actions correspondent ou non au principe de comportement postulé. Ce qui implique ordinairement des hypothèses lourdes quant à la connaissance par les acteurs des situations où ils se meuvent et à leur connaissance des résultats de leurs actions, et quant à la définition des utilités maximisées. Les critiques de Maurice Allais contre l'axiomatique de la décision rationnelle en contexte d'incertitude offrent une démonstration aujourd'hui classique des difficultés et des paradoxes qui grèvent le postulat de rationalité lorsqu'il est conçu autrement que comme une hypothèse régulatrice (cf. Passeron, 1993, pour une analyse du débat et de ses implications pour la sociologie). Par ailleurs, les écarts à la rationalité ne

sont généralement pas conçus comme des termes d'erreur exprimant l'influence aléatoire de facteurs sociaux et psychologiques trop mal connus pour être mesurés. L'hypothèse de maximisation est, dans les variantes élaborées de l'individualisme méthodologique, considérée comme l'un des vecteurs du comportement individuel, lorsque la situation de l'action ou l'environnement de l'acteur sollicitent une formation rationnelle des choix et des croyances. L'individualisme méthodologique, qui est le paradigme dominant en économie, connaît aujourd'hui des développements en sociologie qui font coexister des éléments de comportement ancrés dans le postulat de rationalité et des explications de l'action par les normes sociales : si les normes combinent, comme le suggère Elster (1989) dans une typologie d'allure wébérienne, des éléments de tradition, des éléments de rationalité en valeur et des dimensions affectives et émotionnelles, l'explication par l'intérêt individuel ne couvre plus le champ entier du comportement.

- 30 En théorie classique du comportement individuel rationnel, la prise de décision est, par hypothèse, située dans un contexte de certitude, les acteurs contrôlant entièrement les résultats des événements qui résultent du cours de leurs actions. Dans ce cas, seule une spécification des préférences est exigée, et le principe de maximisation de l'utilité n'est pas nécessaire au développement de la théorie. Quand les résultats des événements ne sont pas entièrement sous le contrôle des acteurs, mais influencés par un environnement, les choses se compliquent. Cet environnement peut être soit hors d'influence de ses actes, soit être constitué d'acteurs réagissant à ses actions. Dans le premier cas, il s'agit de décision en incertitude. Dans le second cas, on distinguera les situations selon le degré de conflit entre les préférences des acteurs. S'ils sont totalement ou partiellement en conflit, nous aurons une situation décrite par la théorie des jeux et ses extensions, et qui intéresse directement la sociologie formalisée.
- 31 La théorie des jeux fournit en effet un cadre adéquat de formalisation de l'interaction sociale en termes individualistes, sous ses trois espèces : interaction entre les actions (par l'analyse des interdépendances stratégiques entre des acteurs analytiquement indépendants), interaction entre actions et résultats (par le préengagement de soi pour se fermer certaines options accessibles dans une négociation, afin d'agir sur les anticipations d'autrui et en tirer parti), interaction entre résultats eux-mêmes (à travers des mécanismes de liaison interpersonnelle comme l'envie ou l'altruisme) (Elster, in Swedberg, 1990).
- 32 Les divers types de jeux peuvent être caractérisés selon le nombre d'acteurs impliqués (deux ou plus) et selon le degré de conflit d'intérêt, conflit pur ou conflit partiel. Parmi les jeux à deux joueurs, ceux auxquels les sociologues s'intéressent plus particulièrement sont les jeux à conflit partiel d'intérêts, comme dans le dilemme du prisonnier, alors que les nombreux développements théoriques consacrés aux jeux purement conflictuels à somme nulle n'ont pour la sociologie qu'un intérêt secondaire. Quant à l'analyse des jeux à acteurs multiples, elle impose, outre une complexité mathématique plus grande, des hypothèses plus arbitraires sur le réalisme des comportements et offre des possibilités plus fragiles d'application empirique.
- 33 Dans les limites d'acceptabilité de l'hypothèse de rationalité telle qu'elle a cours dans l'analyse sociologique, y compris dans le paradigme individualiste le plus accueillant à une formalisation poussée du comportement des acteurs, la théorie des jeux constitue davantage un langage qu'une ressource de théorisation. Par ailleurs, quand des comportements relativement élaborés sont envisagés dans des contextes d'interaction stratégique, les solutions sont généralement multiples et le critère de rationalité devient

plus malaisé à définir, le raisonnement ne débouchant pas forcément sur des modèles d'anticipation stable par l'acteur du comportement d'autrui (Elster, in Swedberg, 1990). D'où l'importance des paradoxes, des solutions contre-intuitives et non optimales. La sensibilité des résultats au cadre de règles retenu comme à la structure d'information prise en compte, la part d'arbitraire que suppose le traitement de problèmes à solutions multiples, sont des caractéristiques qui expliquent la fonction surtout heuristique des applications sociologiques.

- 34 Pour l'essentiel, au regard de sa carrière remarquable en mathématiques, en économie, en psychologie sociale et en recherche opérationnelle (cf. Shubik, 1982), la théorie des jeux n'intéresse qu'à son niveau d'élaboration élémentaire les sociologues, qui n'en ont jamais fait un outil de modélisation de puissance comparable à celle de la mathématique des processus stochastiques ou des réseaux.

2. La sociologie et l'économie face à la mathématisation

- 35 Les limites du développement de la formalisation en sociologie tiennent tout à la fois à l'hétérogénéité théorique forte de la discipline, à la relative indistinction entre modélisation et traitement statistique pour tout ce qui touche à l'analyse des données, à la part importante qu'occupent en sociologie d'autres aspects de méthodologie tels que les techniques de recueil et de traitement des données qualitatives et le problème de la construction des matériaux quantitatifs. Ensemble, ces facteurs peuvent expliquer aussi pourquoi la culture mathématique des sociologues est beaucoup plus inégalement distribuée que dans d'autres sciences sociales, comme l'économie ou la psychologie expérimentale. Arrêtons-nous au point de la diversité théorique, afin d'établir, par comparaison, les conditions de possibilité d'un haut degré de formalisation tel qu'il prévaut en économie.
- 36 Les principaux théoriciens de la sociologie ont, à peu d'exceptions près, ignoré les mathématiques dans la construction des systèmes qui ont le plus durablement influencé la discipline depuis les origines jusqu'à l'époque contemporaine. La publication récente par Coleman, qui compte parmi les rares théoriciens pionniers et tenants de la mathématisation de la sociologie, d'un livre conçu comme fondateur d'une nouvelle théorie sociologique largement formalisée (Coleman, 1990), constitue plutôt une exception, sans qu'on puisse préjuger de l'évolution future de telles tentatives, malgré le pessimisme, évoqué à l'instant, de certains des tenants de la formalisation mathématique en sociologie.
- 37 La position de l'économie est ici radicalement opposée. Les conflits les plus aigus autour de l'économie mathématique remontent à la fin du XIX^e siècle et à la première moitié du XX^e siècle, quand, en France notamment, a été contestée la fécondité de la théorie walrasienne (Zylberberg, 1990). Depuis quelque quarante ans, la mathématisation de la science économique apparaît comme une tendance forte et irrésistible, qui retentit à tous les niveaux du travail scientifique : les progrès de la théorie économique ont partie liée avec l'invention de nouveaux outils mathématiques, notamment depuis l'invention de la théorie des jeux et la formalisation mathématique par Debreu de la théorie néoclassique de l'équilibre général. Il est aujourd'hui hasardeux pour un économiste de concevoir une quelconque proposition théorique qui ne reçoive pas de formulation mathématique. Le

travail empirique ordinaire de la majorité des économistes, et d'abord de ceux qui situent leurs contributions dans la famille des paradigmes néoclassiques, largement dominants dans la discipline, est fondé sur l'enchaînement des séquences suivantes : position d'un problème, construction d'un modèle, linéarisation, analyse statistique formelle sur des données existantes, estimation des paramètres du modèle ou test des hypothèses, conclusion, le raffinement des méthodes l'emportant sur le besoin d'une distance critique et de corrections éventuelles de l'axiomatique fondamentale (Solow, in Swedberg, 1990).

- 38 De toutes les disciplines des sciences sociales vouées à l'analyse du monde contemporain, l'économie est la plus proche de la sociologie, mais aussi la plus concurrente depuis qu'elle étend le champ des faits sociaux, des comportements individuels et collectifs et des réalités institutionnelles et organisationnelles auxquels s'appliquent ses théories et modèles. C'est donc l'exemple du haut degré de formalisation de la science économique qui entretient en sociologie une attitude ambivalente de fascination et de réticence (due aux risques d'épuisement conceptuel) à l'égard de ce mouvement apparemment irrésistible vers la formalisation.
- 39 *A priori*, la formalisation ne peut guère apparaître comme une option scientifique parmi d'autres, si l'on songe aux gains en précision, en rigueur et en calculabilité qu'offre la construction d'une architecture logique des propositions à partir d'un ensemble de concepts et d'une syntaxe aussi univoques que possible. Son emploi est systématique en économie, et distingue très fortement économie et sociologie dans leur teneur respective en langage naturel. L'éloge qu'en font Walliser et Prou (1988), après avoir observé qu'elle conditionnait l'application de tous les outils mathématiques nouveaux – systèmes d'équations linéaires, puis systèmes d'équations différentielles, jadis, outils topologiques (théorèmes de point fixe, théorèmes de séparation) et systèmes dynamiques (théorie des catastrophes, théorie des bifurcations) aujourd'hui – est sans ambiguïté :

« Toute théorie économique se présente sous forme d'un système hypothético-déductif, qui associe à des hypothèses de départ des conclusions dérivées selon des règles d'inférence logique : calcul logico-mathématique de base (symboles primitifs, règles de formation des propositions, axiomes formels, règles de déduction) et calcul propre au domaine économique (symboles exprimant des concepts, axiomes exprimant des propositions spécifiques) [...] Le travail des économistes consiste, dès lors, en un jeu formel visant à exhiber des résultats significatifs, c'est-à-dire à trouver des conditions généralement suffisantes (mais non forcément nécessaires) pour justifier une conclusion : "une entreprise à rendements décroissants ayant un comportement concurrentiel vend au coût marginal" [...]

Nombre de résultats argumentés littérairement peuvent recevoir une démonstration analytique rigoureuse avant d'être retraduits à nouveau en théorèmes qualitatifs, le détour ayant pour avantage de baliser leur domaine précis de validité [...]

Le raisonnement formalisé permet d'enchaîner [...] logiquement les démonstrations les unes aux autres et d'enclencher ainsi une combinatoire particulièrement féconde : à partir d'une axiomatique implicite des choix individuels (réflexivité, transitivité, continuité), on peut d'abord exprimer le comportement sous forme explicite et intensive (maximisation d'une fonction d'utilité sous contraintes), puis sous une forme explicite et extensive (fonction de réaction liant l'action à l'environnement).

Le raisonnement formalisé permet de rechercher des résultats de plus en plus généraux, en particulier de découvrir des hypothèses de moins en moins restrictives justifiant une conclusion donnée : l'existence d'un équilibre concurrentiel a d'abord reposé sur la continuité des fonctions d'offre et de demande des agents, elle-même obtenue pour des préférences et des technologies convexes,

mais elle a pu ensuite être démontrée en présence de non-convexités. Il permet enfin de changer de niveau de spécification et de construire des théories générales dont les théories spécifiques ne sont que des cas particuliers ; l'exemple de la théorie de l'équilibre est ainsi immergé dans la théorie des jeux, dont les résultats sont aussi bien utilisés dans les modèles micro-économiques de concurrence parfaite ou imparfaite que dans les modèles macroéconomiques de relations États-agents. » (Walliser, Prou, 1988, p. 78 sq.).

- 40 Les bénéfices scientifiques de la formalisation ont été obtenus en économie sous des conditions axiomatiques qu'il importe d'examiner pour comprendre pourquoi la formalisation a connu un sort si différent en économie et en sociologie. Une série de principes théoriques ou de concepts recteurs organise en effet les affinités entre conceptualisation, modélisation et mathématisation. Ils forment l'armature de la théorie économique néo-classique, *i.e.* de celui des paradigmes de la science économique qui est le plus influent et le plus puissant mathématiquement : nous ne pouvons pas ignorer, en évoquant « la » théorie néo-classique, ce qu'une telle généralisation a d'indigent, eu égard à la multiplicité des courants théoriques qui, sur tous les points évoqués, peuvent discuter la doctrine ainsi évoquée. Mais l'une des évidences majeures de la comparaison entre sociologie et économie est bien le degré beaucoup plus élevé d'homogénéité paradigmatique de l'économie, ce qui nous autorise à rappeler schématiquement les points d'ancrage de la famille des théories néo-classiques.
- 41 Nous avons déjà évoqué le postulat de la rationalité du comportement de l'acteur, dont les économistes débattent notamment depuis Herbert Simon pour l'amender ou l'enrichir, tout en conservant cette pierre angulaire de l'axiomatique du comportement individuel. Ce postulat n'a pas la même position centrale en sociologie. C'est même l'une des cibles favorites de la critique de l'économie par ceux des sociologues qui combattent le plus vigoureusement l'individualisme méthodologique, avec lequel ils l'assimilent.
- 42 La théorie néo-classique est une théorie de l'équilibre, ce qui permet d'assurer la compatibilité entre les diverses actions intentionnelles d'un même agent, sous des contraintes données, et, plus radicalement, entre les actions des divers agents, la première hypothèse pouvant se réclamer d'un certain réalisme dans la représentation du comportement individuel alors que la seconde est une nécessité mathématique, qui permet de définir un système de relations entre les valeurs prises par les grandeurs considérées (Malinvaud, 1991). L'un des intérêts majeurs du concept d'équilibre est de permettre la construction de modèles candidats à une capacité prédictive. L'outillage conceptuel des sociologues ne contient aucun postulat aussi radicalement simple et aussi indispensable à la mathématisation, puisqu'en sociologie, l'individualisme méthodologique et le postulat de la rationalité de l'acteur, essentiels à l'économiste pour rendre opératoire le concept d'équilibre, ne sont pas aussi largement acceptés comme des pièces cardinales de l'axiomatique.
- 43 Solidairement, la théorie néo-classique recherche des solutions mathématiques au problème de l'agrégation des comportements d'agents élémentaires pour passer sans biais de la diversité à la synthèse intégratrice. La solution est d'autant meilleure que les conditions quant à l'hétérogénéité des comportements et des environnements des acteurs sont plus restrictives. La sociologie construit des concepts intermédiaires pour capter l'hétérogénéité inter-individuelle et accorde à la logique des situations d'action un poids plus grand dans l'analyse des hétérogénéités composées qui distinguent des acteurs ou ensembles d'acteurs diversement selon le contexte de l'action.

- 44 De même, la modélisation économique opère généralement par une décontextualisation beaucoup plus poussée que la modélisation sociologique. L'environnement des phénomènes étudiés est schématisé, par réduction des coordonnées spatio-temporelles et des dimensions qualitatives, et traité comme un élément exogène. D'où la fréquence des modèles raisonnant sur deux biens, deux agents, deux périodes ou, au contraire, sur une infinité d'agents et de périodes. Si le coût de la réduction schématisante apparaît trop élevé, la construction de modèles à validité locale rencontre, comme en sociologie, des problèmes de synthèse ou des limites de complexité dans le traitement mathématique des problèmes si l'on superpose les facteurs d'hétérogénéité interindividuelle (*e.g.* asymétries d'informations) et intertemporelle (*e.g.* cadre dynamique et aléatoire).
- 45 Plus généralement, le partage entre éléments endogènes et éléments exogènes aux systèmes étudiés distingue fortement l'économie de la sociologie. Si l'on s'en tient aux seules dimensions psychologiques, sociales et culturelles du comportement, les préférences et les représentations des agents sont traitées comme exogènes par l'économiste et comme endogènes par le sociologue. L'endogénéisation, qui accompagne une extension de l'approche économique à des domaines nouveaux (*e.g.* famille, travail, organisation) pose des problèmes de traitement dynamique, de modélisation de l'hétérogénéité des comportements (*e.g.* optimisation ou non) et d'écart par rapport au schéma théorique d'équilibre concurrentiel.
- 46 Enfin, la théorie économique néo-classique s'appuie sur une distinction entre microéconomie et macroéconomie qui n'a pas d'équivalent théorique aussi ferme en sociologie. Il s'agit d'une différence d'échelle dans l'étude des phénomènes économiques (*e.g.* niveau des prix / structure des prix), mais aussi d'une différence d'objet et d'une différence d'objectifs, la macroéconomie ayant une vocation plus directement empirique et appliquée mise en action dans l'orientation des politiques économiques, et la microéconomie représentant plutôt le pôle de l'analyse fondamentale. Non qu'il s'agisse d'une division du travail harmonieuse, puisque les divergences théoriques existent dans l'orientation dominante des deux branches de la discipline, mais la dualité de la discipline exprime bien les deux termes de l'activité de modélisation : modélisation abstraite, universalisante et anhistorique en microéconomie et modélisation numérique en macroéconomie, caractérisant une économie située et datée par des relations entre des variables mesurables et spécifiables à l'aide de paramètres numériques. La partition entre microsociologie et macrosociologie engage fréquemment, sans s'y laisser réduire, une distinction plus radicale entre des paradigmes concurrents, l'individualisme et le holisme.

3. La sociologie, science historique ?

- 47 Dans les regards croisés que portent sociologues et économistes sur la discipline de l'autre, tels qu'ils nous sont restitués par exemple, et selon l'arbitraire du choix des représentants des deux sciences, dans le livre composé par Swedberg (*op. cit.*), l'économie apparaît comme une science largement unifiée autour d'un corps de postulats et d'hypothèses de base, ceux de la théorie néo-classique ; aussi radicales que soient les critiques internes contre les limites de celle-ci, la conviction demeure dominante dans la communauté des économistes qu'il n'y a pas d'alternative crédible. La sociologie apparaît à l'inverse plus fragmentée sous l'influence d'une concurrence entre les paradigmes candidats à la prééminence, l'individualisme méthodologique ne jouant pas en sociologie, et de loin, le rôle pivot qu'il a en économie. La capacité de modélisation et de

mathématisation et la prétention à la cumulativité varient avec le degré d'homogénéité paradigmatique, comme on l'a esquissé plus haut.

- 48 Le défaut d'unification de la sociologie, et la relative indifférence de nombre de ses principaux théoriciens à la traduction mathématique de leurs concepts et systèmes, s'ils étaient mesurés à l'aune de l'économie, se réduiraient à des déficits et des manifestations obstinées d'immaturation scientifique. Ce qui supposerait qu'économie et sociologie relèvent d'un même ensemble scientifique, dont l'une incarne mieux les progrès que l'autre. Or, on peut soutenir, concurremment, que la diversité des paradigmes dans la théorie sociologique exprime une situation épistémologique différente, comme l'a fait récemment Passeron (1991), dont nous présentons brièvement les arguments ci-dessous.
- 49 Dans l'hypothèse généreuse d'altérité « non-déficitaire » de la sociologie, il convient de distinguer des sciences sociales à ambition synthétique (histoire, sociologie, anthropologie) qui, dit Passeron,
- « se donnent pour objet des moments ou des aires du cours du monde historique considérées dans l'infinité potentielle de leurs traits pertinents »
- et des sciences sociales comme l'économie, la linguistique ou la démographie, qui
- « autonomisent un sous-ensemble de faits sociaux présentant une forte systématisme de fonctionnement [...] À condition de ne pas trop s'interroger sur le fondement "quasi expérimental" de leurs assertions générales, on peut considérer que le rôle des paradigmes dominants dans l'organisation de la recherche y ressemble davantage à celui qu'ils jouent dans les sciences de la matière ou de la vie. Mais c'est au prix d'un affaiblissement de la teneur historique de leurs assertions, puisque ces assertions doivent s'entendre implicitement à contexte historique constant et doivent par conséquent être reformulées en changeant de contexte. » (Passeron, 1991, p. 363-364).
- 50 La conception, d'inspiration nettement wébérienne, de la sociologie comme une science pleinement historique a une double signification : la sociologie se donne des objets dont la descriptibilité n'est pas finie, toutes ses observations sont indexées sur un contexte historique chaque fois singulier et qui ne se répète jamais intégralement dans le temps ou l'espace. Et une double implication épistémologique :
- 51 – La sociologie relève d'une épistémologie non-poppérienne :
- « Les analyses permettant de généraliser les constats empiriques d'une enquête au-delà de son contexte singulier relèvent d'un raisonnement naturel : les constats sont opérés dans des contextes qui ne peuvent être dits équivalents que selon une typologie les apparentant par hypothèse et non par nécessité [...] L'analyse des variations qui recourt au langage des variables permet de tenir, dans un contexte supposé constant, des raisonnements formellement expérimentaux mais elle reste toujours tributaire, dans les sciences sociales, de l'interprétation du sens des variations en fonction du contexte [...] Les concepts qui constituent la sémantique du langage de description du monde en sociologie ont un statut logique irréductible à celui qui rend opératoires les définitions des sciences axiomatique-formelles ou des sciences expérimentales [...] La mise à l'épreuve empirique d'une proposition théorique ne peut jamais revêtir en sociologie la forme logique de la réfutation au sens poppérien. » (Passeron, *op. cit.*, p. 368 sq.)
- 52 – Aucune théorie sociologique ne peut espérer fonctionner comme un paradigme scientifique dominant, parce qu'« il ne peut exister de langage protocolaire unifié de la description empirique du monde historique » (*ibid.* p. 363). La stabilité paradigmatique n'est pas un idéal régulateur, mais une impossibilité. Et l'évolution de la sociologie démontre amplement la non-convergence des théories.

- 53 Une telle épistémologie a l'intérêt de rendre compte de la diversité des théories et des pratiques de la sociologie autrement qu'en termes d'impuissance à dégager un paradigme dominant, ancré dans une conception physicienne de la scientificité et de l'expérimentation. Mais elle ne permet pas de discriminer de manière univoque les mérites des théories concurrentes dans l'explication des « mêmes » catégories de faits et de comportements sociaux.
- 54 Faute de pouvoir discuter ici toutes les implications de cette position épistémologique, et de pouvoir établir qu'elle n'a rien d'une célébration anarchiste et relativiste, retenons un point essentiel. En sociologie, les abstractions et les généralisations sont toujours incomplètes, puisqu'elles se réfèrent inmanquablement à un contexte spatio-temporel. Les concepts ne peuvent être que des idéal-types, le raisonnement sociologique opère par va-et-vient entre analyse statistique et contextualisation historique. D'où la moindre prise du calcul et de la formalisation sur le raisonnement sociologique, sur ses procédures typiquement comparatives, sur son expression dans la langue naturelle. À sa manière, la sociologie illustre avec le plus grand relief la tension entre la substance historique de ses observations et l'exigence de règles de description, de comparaison, de généralisation par conceptualisation typologique.
- 55 Si l'économie se situe au pôle opposé dans le champ des sciences sociales, en procédant par abstraction, simulation, modélisation, raisonnement hypothético-déductif, au plus loin du langage naturel, elle n'échappe pas aux difficultés du traitement de l'hétérogénéité contextuelle. L'un des indices en est la complication des relations entre macro- et microéconomie.
- 56 Sans exagérer la portée heuristique du rapprochement, on peut se demander en effet si l'écart ou même la concurrence observés entre macroéconomie et microéconomie contemporaines ne signalent pas, dans une discipline pourtant beaucoup plus homogène, une tension interne due pour partie à l'ambition d'embrasser une plus grande diversité de phénomènes pourvus de leurs caractéristiques contextuelles. On assiste en effet à un enrichissement continu des hypothèses et des domaines d'analyse en microéconomie, notamment quant au comportement des éléments premiers du système (endogénéisation des préférences et représentations des agents, complication de l'hypothèse de rationalité, prise en compte de régulations normatives et institutionnelles, traitement de l'incertitude et des asymétries d'information, affaiblissement de la fonction pivot de l'hypothèse de la concurrence pure, analyse du comportement des entreprises, etc.) Cet enrichissement ne ruine-t-il pas l'idéal d'une construction unitaire de la science économique, la microéconomie posant les fondements et la macroéconomie démontrant empiriquement la validité et la puissance des outils théoriques sur ce qui est mesurable et calculable ? C'est l'hypothèse de Malinvaud (1991) :

« La démarche consistant à partir systématiquement de l'agent individuel pour aboutir à une compréhension des lois régissant le système économique entier, sans passer par des représentations agrégées simplificatrices [...] a la préférence de la plupart des économistes mathématiciens rigoureux. Cette préférence les a conduits à envisager le processus d'acquisition de la connaissance en économie comme devant s'effectuer par phases successives, chacune ajoutant à la précédente un élément de complexité du monde réel [...]

Ce programme s'avère irréalisable. D'une part, on s'aperçoit vite que la théorie devient trop peu spécifique pour fournir la base exclusive qu'on espérait y trouver. Beaucoup de ses résultats sont négatifs, montrant tantôt que l'intuition n'est validée que pour des cas particuliers, tantôt qu'un résultat positif ne résiste pas à l'introduction d'une nouvelle complication. D'autre part, la démarche s'empêtre.

Loin d'être définitivement acquis, ses pas successifs doivent souvent être repris, pour étudier des propriétés dont l'importance n'avait été perçue que par la suite. Chaque pas nouveau oblige à explorer plusieurs directions, dont certaines exigent de véritables programmes de recherche. En somme, le moment où l'on croit que les phénomènes macroéconomiques seront vraiment appréhendés s'éloigne à mesure qu'on avance. Le travail donne à la théorie des prix plus de réalisme et de sophistication, mais il ne suffit pas à construire une véritable théorie de la croissance, de l'emploi ou de l'inflation.

C'est donc par une approche plus directe des phénomènes macroéconomiques que l'essentiel des progrès se fera. » (Malinvaud, *op.cit.*, p. 146-147).

- 57 À mesure que se complique l'analyse microéconomique des agents (individus, entreprises, etc.), il devient plus difficile, pour passer au niveau agrégé, de maintenir, par commodité analytique, des conditions restrictives de moins en moins réalistes sur le comportement identique des agents (résumé dans celui du célèbre agent représentatif) ou sur les variations homothétiques des environnements. La qualité de l'agrégation opérée devient plus discutable et la conscience des risques d'erreur plus aiguë.
- 58 Par un paradoxe qui n'est qu'apparent, la complication de l'analyse microéconomique est mue par le même souci de formalisation et de modélisation que le maintien des exigences de calculabilité en macroéconomie, mais les mathématiques dominantes ne sont pas les mêmes : la théorie des jeux fournit à la microéconomie l'épure de l'analyse contextuelle, si l'on appelle contexte l'environnement d'un agent peuplé d'autres agents liés à lui par des relations d'interdépendance, l'économie de l'information introduit l'asymétrie et les différences interindividuelles de connaissance et de capacité d'action, le traitement de l'incertitude confère au temps son irréductible densité.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUDON R. – *L'analyse mathématique des faits sociaux*, Paris, Plon, 1967.
- COLEMAN J. – *Introduction to Mathematical Sociology*, New York, The Free Press, 1964.
- COLEMAN J. – *Foundations of Social Theory*, Cambridge, Belknap Press, 1990.
- COLEMAN J., KATZ E. & MENZEL H. – *Medical Innovation*, Indianapolis, Bobbs-Merrill, 1966.
- ELSTER J. – « Social norms and economic theory », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 3 (4), automne 1989.
- HÄGERSTRAND T. – « A Monte-Carlo approach to diffusion », *Archives Européennes de Sociologie*, vol. 6, 1965.
- MALINVAUD E. – *Voies de la recherche macroéconomique*, Paris, O.Jacob, 1991.
- MARSDEN P. & LAUMANN E. O. – « Mathematical ideas in social structural analysis », *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 10, 1984.
- PASSERON J.-C. – *Le raisonnement sociologique. L'espace non poppérien du raisonnement naturel*, Paris, Nathan, 1991.

PASSERON J.-C. – « Weber et Pareto : la rencontre de la rationalité dans l'analyse sociologique », in L.-A. Gérard-Varet & J.-C. Passeron, eds, *Calculer et raisonner*, Paris, Éd. de l'EHESS, 1993.

SHUBIK M. – *Game Theory in the Social Sciences*, Cambridge, MIT Press, 1982.

SØRENSEN A. B. & SØRENSEN A. – « Mathematical sociology », *Current Sociology*, 2, 1978.

SØRENSEN A. B. – « Mathematical models in sociology », *Annual Review of Sociology*, 4, 1978.

STEWMAN S. – « Markov models of occupational mobility : theoretical development and empirical support », *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 4, 1976.

SWEDBERG R. – *Economics and Sociology. Redefining their Boundaries : Conversations with Economists and Sociologists*, Princeton, Princeton University Press, 1990.

WALLISER B. & PROU C. – *La science économique*, Paris, Seuil, 1988.

WEBER M. – *Économie et société*, trad. fr., Paris, Plon, 1971 (1^{re} éd. Tübingen, 1921-1923).

WHITE H. C. – *Chains of Opportunity*, Cambridge, Harvard University Press, 1970.

ZYLBERBERG A. – *L'économie mathématique en France, 1870-1914*, Paris, Economica, 1990.

NOTES

*. Le présent texte est issu d'une communication à la table ronde « Mathématiques et sciences humaines » du Premier Congrès Européen de Mathématiques (Paris Panthéon Sorbonne, juillet 1992). Je remercie Roger Guesnerie et Pierre-André Chiappori, les organisateurs de cette table ronde, ainsi que Jean-Claude Passeron, pour leurs conseils et leurs critiques.

1. Nous nous référons notamment aux travaux de Sørensen (1977, 1978) et de Boudon (1967) pour la présentation de la sociologie mathématique qui suit.

2. Les mouvements de mobilité peuvent, dans les conceptions sociologiques les plus répandues, être engendrés par deux ensembles de forces :

– un premier ensemble formé des attributs individuels tels qu'âge, éducation, aptitude, qui influence la probabilité pour la personne d'aller dans telle ou telle direction

– un second ensemble de forces est constitué des caractéristiques structurales qui déterminent la disponibilité des emplois dans les professions potentielles de destination, la pression à quitter la profession d'origine, la distance ou les affinités entre les groupes professionnels de départ et d'arrivée. Il s'agit ici de modéliser la manière dont la structure engendre le taux et la direction de la mobilité. C'est ce que fait pour sa part le modèle de chaîne de postes vacants de White. Celui-ci part d'un problème fondamental du modèle markovien de mobilité individuelle, qui suppose que les mouvements sont indépendants et que les changements professionnels d'une personne n'affectent pas ceux des autres. Mais cette hypothèse est incompatible avec l'idée que la mobilité vers un état donné i dépend du nombre d'emplois disponibles en i . Dans un système où la plupart des emplois sont occupés et seuls un petit nombre d'emplois sont disponibles, la mobilité d'une personne affectera celle des autres. Le modèle de White est une chaîne de Markov en temps discret. Une chaîne de postes vacants est générée lorsqu'une personne quitte le système ou qu'un nouvel emploi entre dans le système, et cette chaîne est terminée lorsqu'une nouvelle recrue entre ou qu'un emploi disparaît. La longueur de la chaîne des mouvements est importante : c'est le nombre de mouvements qu'une vacance va provoquer avant que la chaîne soit terminée. Le modèle de chaînes de postes vacants montre comment la structure engendre la mobilité dans des systèmes où les vacances de postes ont l'initiative pour produire la mobilité et où les individus

sont homogènes. L'étape suivante serait de pouvoir appréhender les différences entre individus dans leur capacité à utiliser les postes vacants.

3. Ainsi, dans une recherche célèbre de Coleman, Katz et Menzel (1966) sur la diffusion d'un nouveau médicament dans la communauté médicale et sa prescription par les médecins, la probabilité d'interaction et de communication entre les membres de la population étudiée est affectée par des facteurs structurels liés au contexte et à l'organisation de la pratique professionnelle. La stratégie consiste, ici aussi, à segmenter la population en sous-populations homogènes sous les critères choisis comme dominants, et, en l'espèce, à distinguer entre praticiens exerçant en cabinet privé, informés essentiellement sur les nouveautés pharmaceutiques par la presse spécialisée, et auprès de qui l'innovation se diffuse selon un processus d'équation $dn/dt = k(N-n)$ (n étant le nombre de personnes informées, N le nombre total de praticiens, k une constante et t le temps écoulé) et médecins hospitaliers, s'informant sur la nouveauté à travers leur réseau dense de liens interpersonnels et adoptant celle-ci selon un processus de contagion d'équation $dn/dt = kn(N-n)$.

Hågerstrand (1965, cité d'après Boudon, *op. cit.*) a apporté, dans son étude de la diffusion d'une innovation agricole, une double modification au modèle logistique de diffusion : d'une part, la probabilité de rencontres interpersonnelles ou d'échanges d'informations est fonction de la distance spatiale entre les individus ; d'autre part l'efficacité de ces échanges pour l'adoption de l'innovation est variable selon les individus, l'inégale résistance au changement pouvant être caractérisée selon une distribution simple du nombre de communications interpersonnelles nécessaires à la persuasion. Ces deux hypothèses de non-isotropie (la distance pouvant être spatiale, mais aussi sociale dans d'autres applications) et distribution non dégénérée des résistances offrent des gains substantiels en réalisme sociologique, avec l'introduction d'un grand nombre de paramètres captant l'hétérogénéité du "milieu" étudié, mais au prix d'une complication de la formalisation et du traitement mathématiques.