

RÉSEAUX SOCIAUX ET STRUCTURES RELATIONNELLES

Emmanuel Lazega

puf

QUE SAIS-JE ?

Réseaux sociaux et structures relationnelles

EMMANUEL LAZEGA

Professeur des universités
IEP de Paris
Membre du CSO-CNRS

Troisième édition mise à jour

8e mille



Introduction

La méthode « structurale »

Aider à reconnaître les propriétés structurales des ensembles sociaux est une des contributions de la sociologie. Pour ce faire, *la méthode dite « structurale »* [1] part de l'observation des interdépendances et de l'absence d'interdépendances entre les membres d'un acteur collectif ou d'un milieu social organisé. À partir de ces constats, elle cherche à reconstituer un *système d'interdépendances*, à décrire l'influence de ce système sur le comportement des membres, les manières variables dont ils gèrent ces interdépendances et les formes prises par les processus sociaux déclenchés par cette gestion : apprentissages, solidarités, contrôles sociaux, régulations, pour ne mentionner que les processus les plus génériques. Les systèmes d'interdépendances sociales étant d'habitude complexes, elle les examine et les représente de manière simplifiée, délibérément réductrice, mais pratique pour la compréhension et l'explication. Dans son langage, une « structure » est donc une *représentation simplifiée* de ce système social complexe. Cette simplification permet d'identifier des régularités dans la composition et l'agencement – cristallisés en positions et configurations identifiables – de ces interdépendances. Le présent ouvrage a pour objectif d'initier à cette technique d'exploration et de représentation.

Les indicateurs des interdépendances sociales utilisés par la méthode structurale sont les *relations sociales*. Une relation sociale sera comprise ici à la fois comme un canal pour le *transfert* ou l'*échange* de ressources et comme un *engagement* (moral, symbolique, intentionnel) vis-à-vis d'un ou de plusieurs partenaire(s) d'échange, engagement inséparable du sens que la relation a pour les acteurs. La plupart des théories sociologiques s'intéressent aux relations entre acteurs, aux interdépendances de ressources et d'engagements. Mais une sociologie qui utilise cette méthode structurale le fait de manière systématique, en formalisant ses analyses par des modèles mathématiques ou statistiques. À l'origine, cette méthode est issue essentiellement des travaux méthodologiques d'anthropologues anglo-saxons et de la sociométrie classique. Cependant, les techniques et les concepts qu'elle utilise aujourd'hui (équivalence structurale, cohésion, centralité, autonomie) se sont considérablement développés au cours des cinquante dernières années, en particulier aux États-Unis, au départ à l'initiative de Harrison White et de ses étudiants (par ex. Lorrain et White, 1971 ; White, Boorman et Breiger, 1976). Cette évolution s'est avérée assez importante pour que l'appellation « sociométrie » soit remplacée par celle d'« analyse de réseaux » ou *network analysis* [2]. En effet, le système de relations observées est souvent appelé, métaphoriquement, un *réseau social*.

La méthode structurale travaille sur des systèmes de relations ou réseaux dits « complets », dans lesquels le chercheur dispose d'informations sur la présence ou l'absence de relations entre deux membres de l'ensemble social, quels qu'ils soient. L'une des contributions importantes de cette méthode est, en effet, de montrer comment les relations *indirectes* comptent pour la compréhension des phénomènes sociaux. Le réseau dit « complet » se distingue du réseau dit « personnel » d'un

acteur (*ego-network*), où les relations entre les personnes énumérées par cet acteur ne sont pas connues, ce qui empêche de reconstituer les relations indirectes de chaque membre de l'ensemble social [3]. La méthode structurale est très sensible aux valeurs manquantes qui limitent drastiquement l'application de ses modèles (Robins, Pattison et Woolcock, 2004).

Un réseau social (métaphore d'un système d'interdépendances) est défini *methodologiquement* (pour des raisons techniques) comme un ensemble de relations spécifiques (par ex. collaboration, soutien, conseil, contrôle ou encore influence) entre un ensemble fini d'acteurs. Cette définition technique ne doit pas faire de l'expression « réseau complet » l'allégorie d'un mystérieux acteur collectif. Par exemple, Powell (1990) ou certains économistes parlent du « réseau » comme d'un acteur collectif d'un type spécifique, d'un mode de coordination de l'action intermédiaire entre le marché et l'organisation. Nous prenons ici une position contraire (Lazega, 1996) car si l'on prend au pied de la lettre cette expression, on court le risque de glissements sémantiques absurdes du point de vue du sociologue.

D'une part, un ensemble social n'est jamais réellement « fini », et ses frontières sont constamment négociées et traversées de manière stratégique, du « dedans » comme du « dehors ». Il reste que les acteurs collectifs et les entités économiques et sociales de toutes sortes existent bien comme des systèmes d'interdépendances spécifiques et *organisés*, à des niveaux différents, plus ou moins emboîtés, par exemple dans un groupe, une association, une holding ou un secteur industriel. Une méthode qui cherche à reconstituer et à analyser, de manière toujours limitée mais rigoureuse, un système d'interdépendances, puis à situer ces dernières dans un contexte social organisé encore plus large, apporte donc une valeur ajoutée importante à la connaissance sociologique des formes d'action collective.

D'autre part, chaque acteur collectif est bien davantage qu'un système de relations entre membres. On peut considérer que les interactions et relations d'échange stables et durables s'agrègent et se combinent en une trame de liens réguliers, en structures relationnelles synonymes, pour les individus, d'*opportunités* et de *contraintes* spécifiques à chaque contexte organisé de niveau macro et méso. Mais l'acteur collectif comprend aussi, par exemple, une culture ou un système de normes. Le réduire à sa structure relationnelle est un appauvrissement.

Une méthode de contextualisation de l'action et de modélisation des processus sociaux génériques

Si « le réseau » n'existe pas comme entité sociale spécifique, cette méthode n'est pas non plus une théorie en elle-même : il n'y a pas de « théorie des réseaux ». La méthode n'est pas non plus spécifique à telle ou telle école sociologique. Mais l'expérience montre qu'elle est particulièrement intéressante pour les théories sociologiques que l'on appelle les théories de l'action, individuelle et collective, et les théories de l'échange social. Pour étudier les phénomènes sociaux, ces théories prennent en compte les formes de « rationalité » des acteurs. Elles admettent que les acteurs ont

besoin de moyens, de ressources plus ou moins rares, lorsqu'ils cherchent à accomplir des tâches pour atteindre des buts dans un contexte toujours plus ou moins organisé. Leurs relations sociales peuvent détenir une partie de ces ressources ou représenter des moyens d'accès à ces mêmes ressources détenues par d'autres. Elles constituent une partie du « capital relationnel » des individus et du « capital social » des collectifs (Coleman, 1990). Dans les recherches empiriques utilisant l'analyse structurale, l'observation des relations indique donc souvent l'existence de transferts ou d'échanges de ces ressources, ainsi que des engagements sous-jacents et des dispositifs institutionnels cherchant à rendre ces engagements crédibles.

Dans un ensemble social réel, ces transferts et échanges ont un caractère intrinsèquement multilatéral et « multiplexe » (c'est-à-dire engageant plusieurs ressources à la fois). Les théories de l'action utilisant le paradigme de l'échange ont donc des affinités particulières avec la méthode structurale. Dans cet ouvrage, nous utiliserons souvent ces affinités pour mettre en valeur telle technique ou tel parti pris analytique. À ces théories de l'action individuelle et collective, la méthode structurale apporte ainsi une contribution essentielle. Elle permet, en effet, de *contextualiser* le comportement des acteurs de manière systématique et dynamique (Lazega, 1997). La représentation simplifiée d'un système de relations ou d'échanges complexes entre acteurs identifie des régularités sans perdre de vue les acteurs individuels, leurs actions et interactions. Pour l'acteur, quel que soit l'objectif à atteindre, il faut agir dans un contexte déjà structuré. En ce sens, cette méthode propose une articulation des niveaux micro, méso et macro dans l'observation et l'explication des phénomènes sociaux (Breiger, 1974). La mise au jour des régularités ajoute une dimension relationnelle supplémentaire, et souvent négligée, à des contextes d'action formellement prédéfinis par une division du travail, une stratification, des classements multiples. En particulier, cette forme de contextualisation permet d'articuler les dimensions formelles et relationnelles de la structure sociale pour mieux identifier les *contraintes* auxquelles sont soumis (ou les *opportunités* dont bénéficient) les membres d'une entité économique et sociale, puis la coévolution des structures, des actions et des réactions aux contraintes.

Le caractère systématique de cette contextualisation est certes séduisant pour les méthodologues. Cependant, il est nécessaire à bien des égards pour tout sociologue, parce qu'il est le seul à permettre la reconstitution rigoureuse et la cartographie de systèmes d'interdépendances et d'échanges, mais surtout l'analyse et la modélisation des processus génériques de la vie sociale : apprentissages collectifs et socialisations, solidarités particularistes et discriminations, contrôle social et résolution des conflits, régulations et institutionnalisations. Ces processus génériques ont tous une dimension relationnelle. Ils sont, en partie, le produit de ces régularités construites dans les échanges entre acteurs à la fois interdépendants et en conflit ou en concurrence. En effet, contextualiser ne signifie pas seulement situer un nœud dans un graphe. Il s'agit bien de situer l'action individuelle et l'action collective toujours réflexives dans le contexte de ces processus génériques *à partir* d'une étude des systèmes d'interdépendances de ressources et des engagements des acteurs. Car si le réseau social permet une mesure du capital relationnel de l'individu, il permet aussi une mesure du capital social du collectif, du milieu social sous-jacent. Tout collectif est exposé à des dilemmes d'action collective au sens où l'entendent James Coleman, Elinor Ostrom, Mancur Olson et bien d'autres en sciences sociales. Les systèmes d'interdépendances, et les formes sociales que ces systèmes produisent, aident les collectifs à gérer ces dilemmes (Lazega, 2001) précisément en facilitant le déploiement de ces processus sociaux fondamentaux.

L'accent mis sur l'étude relationnelle de ces processus est ici fondamental. Ce que les analyses sociologiques des réseaux sociaux étudient, ce sont les formes de discipline sociale que les membres des collectifs étudiés acceptent – en tout cas partiellement – comme légitimes. Le chercheur peut suivre la circulation de différentes ressources localement, autour de l'acteur, et globalement, au niveau structural, c'est-à-dire avec la vision d'ensemble des circuits. Cette rigueur expose la sélectivité des ensembles sociaux mais aussi l'ordre et les inégalités qui en résultent, les formes de coopération entre membres, les marges de manœuvre de l'acteur individuel, la coévolution des structures et des comportements.

Ainsi, cette contextualisation peut devenir description de la régulation sociale de ces échanges : la formulation des règles dépend de ces structures relationnelles et influe sur elles. Car la priorité analytique donnée aux relations n'isole pas la méthode structurale de problématiques souvent abordées par des méthodes plus qualitatives. Pour une théorie de l'action, il n'est pas inutile, par exemple, de montrer comment des acteurs concentrant beaucoup de ressources entre leurs mains se trouvent en meilleure position pour influencer sur la formulation des règles prioritaires et donc, indirectement, sur la réallocation des ressources. De même, il peut être important de montrer quelle est la réelle marge de manœuvre d'un acteur qui négocie sa participation à l'action collective en s'appuyant sur ses ressources relationnelles (dont il hérite ou qu'il s'est construites dans certaines limites imposées par les ressources dont il disposait déjà). Il en va de même pour le contrôle social, qui passe souvent par une manipulation des interdépendances entre membres. Enfin, les normes sociales influent en retour sur ces structures relationnelles, parce que des systèmes d'échange parfois différents peuvent se construire autour de nouvelles règles.

Cette contextualisation par l'identification de formes de discipline sociale est donc dynamique et complexe. On peut suivre la gestion des ressources relationnelles à plusieurs niveaux, pour plusieurs ressources à la fois, par exemple lorsqu'on sort de l'espace « purement » professionnel pour résoudre des problèmes professionnels. La flexibilité et les capacités de la méthode structurale justifient son intérêt pour la sociologie car elle accroît la lisibilité des processus sociaux génériques et donc celle des changements sociaux contemporains.

La boîte à outils

Si les enjeux sont élevés, une certaine « routine » a tout de même fini par caractériser les applications de cette méthode. À partir des distinctions entre les niveaux d'analyse individuel, relationnel et structural, elle s'est transformée en un ensemble de procédures qui constituent pour beaucoup une sorte de boîte à outils. Celle-ci combine de manière originale les caractéristiques des acteurs, les caractéristiques des relations qu'ils ont entre eux, celles de l'ensemble du système et enfin, celles de leurs comportements et de leurs conséquences, y compris pour la restructuration éventuelle, récursive, du système. Cette approche peut se résumer en quatre ensembles de procédures :

1. des procédures de reconstitution et de représentation de la « structure » ou de la morphologie du système d'action et d'échange. Elles opèrent par partition et description de relations entre sous-ensembles. Par exemple, l'analyse de réseaux reconstitue des « blocs » d'acteurs (des classes

d'équivalence approchées de manière statistique), mais aussi les relations *entre ces blocs*, ce en quoi elle diffère de la sociométrie classique qui s'en tenait au niveau des relations entre individus. Ces procédures n'« écrasent » pas le niveau individuel. Leur intérêt réside également dans une flexibilité qui permet un va-et-vient constant entre le niveau structural ou global et le niveau individuel ou local ;

2. des procédures de positionnement des acteurs dans cette structure : chaque membre du système social peut être situé dans la structure, par exemple par son appartenance à un sous-ensemble ou au moyen de différentes mesures, comme des scores individuels de centralité, de prestige ou d'autonomie ;
3. des procédures d'association entre position et comportement stratégiques des acteurs : cette structure de relations entre acteurs ainsi que la position qu'ils y occupent peuvent aussi être considérées comme des variables indépendantes (parmi d'autres), dont on peut mesurer l'influence sur les comportements ;
4. des procédures mesurant l'éventuelle évolution (restructuration) du système d'interdépendances au temps t_2 , suite aux comportements des acteurs au temps t_1 , à leurs choix de nouvelles relations (*turnover relationnel*), aux changements de normes qu'ils ont négociés entre eux et à bien d'autres processus sociaux.

Dans cet enchaînement, la théorie, la méthode et le problème étudié restent au service l'une de l'autre. Aussi bien en théorie qu'en pratique, l'association dynamique entre position et comportement n'est pas déterministe. Elle ne cherche qu'à décrire des tendances lourdes ayant un sens. Par exemple, il arrive que certains systèmes sociaux ne se segmentent pas en sous-ensembles (cliques ou positions) aux frontières très claires, ou bien qu'une proportion considérable d'acteurs ait un profil relationnel unique (*i. e.* qui ne ressemble à celui de personne d'autre dans le système). Le chercheur doit donc constamment comparer des effets de seuil, contrôler les résultats obtenus par plusieurs méthodes de partition concurrentes et mobiliser sa connaissance ethnographique du terrain pour interpréter les résultats de l'analyse.

Comme dans la théorie classique, un des liens conceptuels forts entre structure et comportement est assuré par la notion de *rôle* et de *système de rôles*. Il n'y a pas, pour l'instant, de consensus sur le langage utilisé pour définir cette notion d'un point de vue structural. On peut simplifier le débat qui l'entoure en lui reconnaissant deux acceptions distinctes en analyse de réseaux. La première fait référence à une division du travail de production et d'échange des ressources dans un acteur collectif organisé ; dans le cadre de cette division du travail, une position peut avoir une fonction. Dans un réseau où circule une ressource spécifique, les relations entre positions font apparaître cette fonction. Les membres d'une position étant intégrés dans le réseau de manière relativement similaire, on considère qu'on a détecté *inductivement* l'existence d'un rôle endogène lorsqu'ils ont tendance à avoir des comportements semblables dans ce système de production ou d'échange.

La seconde acception renvoie davantage à une combinaison de relations associant deux réseaux différents. Le comportement d'un acteur n'est pas seulement déterminé par les relations observées ici et maintenant dans un seul réseau, mais par son intégration dans plusieurs systèmes d'échange. Par exemple, le supérieur hiérarchique de mon conjoint peut être considéré comme un rôle parce qu'il

articule deux « mondes relationnels » séparés. Boorman et White (1976) ont les premiers tenté de partitionner des collections de relations et de conceptualiser la notion de rôle pour des bases de données multirelationnelles. Le rôle devient ici un construit complexe et abstrait, proche de la notion de *statut*, qui comprend la fonction de la position dans le système de relations observé. Il constitue aussi un marqueur de l'existence d'autres réseaux qui font simultanément pression sur le comportement observé (Reitz et White, 1989). L'intérêt de cette approche inductive de la notion de rôle endogène est de reconnaître que les ensembles sociaux sont relationnellement trop complexes pour être analysés en termes de rôles et de fonctions prescrits de manière exogène, à la manière positiviste des fonctionnalistes. Si la structuration des collectifs passe par des différenciations horizontales et verticales, la division du travail et la création de rôles et de statuts, l'analyse de réseaux sociaux montre que ces dernières ne sont jamais mécaniques. L'approche néostructurale montre qu'il n'y a pas de « tableau périodique » des rôles.

Ces préliminaires définissent en quelque sorte les attendus ou conditions d'utilisation de cette méthode en sociologie néo-structurale. Le premier chapitre résume la manière dont il convient de concevoir l'étude de réseau d'un milieu social et présente, dans les grandes lignes, les principes qui organisent le recueil de données relationnelles. Le deuxième chapitre présente quelques procédés de représentation de ces structures relationnelles, autrement dit les principaux concepts, mesures et analyses uni- et multivariées qui portent le nom d'« analyse de réseaux » inductive et descriptive. Les modalités de combinaison de relations et d'attributs individuels des acteurs, ainsi que la dynamique des réseaux sociaux et l'analyse des réseaux multiniveaux, relèvent plutôt de modèles stochastiques spécifiques, dont le chapitre III présente quelques développements actuels. Il rend compte des modélisations de type non déterministe – développées par la littérature et les logiciels – des données de réseaux complets basées sur une prise en compte et une spécification fine des dépendances locales entre les relations observées.

Enfin, en tant que méthode de contextualisation relationnelle des comportements et des échanges, l'analyse de réseaux peut renforcer des approches plus qualitatives. Il est aussi impossible, comme on l'indique au chapitre I, de concevoir une étude de réseau social ou d'interpréter ses résultats sans une connaissance ethnographique approfondie du milieu social étudié et de ses dilemmes spécifiques d'action collective, connaissance acquise au moyen d'approches qualitatives classiques en sociologie, voire d'une phénoménologie des relations et de leur sens pour les acteurs. Utilisée seule, l'analyse technique des réseaux sociaux est un exercice purement formel. En conclusion, on insiste donc sur les raisons de cette nécessaire diversification des méthodes en sociologie néostructurale.

Pour illustrer la mise en œuvre de cette méthode, on utilisera des études de réseaux empiriques menées par l'auteur et ses collègues dans un cabinet d'avocats et dans un tribunal.

Cet ouvrage est la base d'un cours d'analyse de réseaux sociaux de niveau licence de sociologie (à l'exception du chapitre III). Je remercie les étudiants qui ont suivi ce cours et dont les discussions ont permis d'en adapter la présentation. Je remercie aussi Julien Brailly de son aide dans la mise à jour de ce dernier chapitre sur les évolutions actuelles de la statistique des réseaux.

Notes

[1] Il serait plus correct d'appeler cette méthode «néostructurale» pour signaler sa dette mais aussi sa différence vis-à-vis de l'approche « structurale » développée en anthropologie, notamment, par Claude Lévi-Strauss. Cependant, la première est souvent perçue comme un développement de la seconde, d'autant plus que les problématiques substantives auxquelles elles s'attachent sont souvent les mêmes, en particulier celle des échanges de ressources. La plus récente se différencie de la plus ancienne par son développement technique et en ceci qu'elle prétend avoir affaire à des structures réelles modélisées par des instruments méthodologiques plus ou moins adaptés, et par sa théorie de l'action individuelle et collective. Ces distinctions relèvent d'une approche plus générale que celle exposée dans ce texte d'initiation (Lazega, 2012 *a*).

[2] Pour des introductions synthétiques plus complètes à l'analyse de réseaux, voir Berkowitz, 1982 ; Boyd, 1990 ; Brandes et Ehrlebach, 2005 ; Burt, 1982 ; Burt et Minor, 1983 ; Carrington, Scott et Wasserman, 2005 ; Degenne et Forsé, 1994 ; Ferrand, 1997 ; Flament, 1965 ; Freeman, 2004 ; Freeman, Romney et White, 1989 ; Hennig, Brandes, Pfeffer et Mergel, 2012 ; Leinhardt, 1977 ; Lin et Marsden, 1982 ; Lusher, Koskinen et Robins, 2012 ; McCulloh, Armstrong et Johnson, 2013 ; Pattison, 1993 ; Prell, 2011 ; Scott et Carrington, 2011 ; Wasserman et Faust, 1994 et rééditions ; Wellman et Berkowitz, 1988. Ces ouvrages donnent une bonne idée du vaste domaine de problèmes sociologiques traités au moyen de cette méthode et du nombre de spécialités de la sociologie qui l'utilisent. Voir aussi la documentation des logiciels comme PAJEK, PNET, SIENA, STATNET, STOCNET, UCINET et bien d'autres, accessibles sur Internet.

[3] Les chercheurs sont souvent tentés d'utiliser des données de réseaux personnels pour faire de l'analyse structurale et se détacher ainsi des études de la « sociabilité », plus marquées par des raisonnements de type « démographique » (par exemple Bidart, 1997 ; Bidart *et al.*, 2011 ; Burt, 1992 ; Ferrand, 1997, 2007 ; Lozares *et al.*, à paraître ; Lubbers, Molina *et al.*, 2010). Sans vouloir anticiper sur le contenu du chapitre II, il est utile de mentionner que l'une des raisons essentielles de cette distinction réside dans l'impossibilité d'identifier une division du travail dans un collectif et de définir des rôles de manière inductive lorsqu'on utilise des données de réseaux personnels. D'où la difficulté à passer à l'analyse des formes d'action collective. Il est souhaitable d'avoir prédéfini des rôles soit de manière théorique, soit de manière exploratoire (par ex. au moyen d'une étude structurale dans une sous-population), pour passer de données de réseaux personnels à un raisonnement de type structural.

Chapitre I

Concevoir une étude de réseau structurale

Pour avoir des données de réseau, il faut dégager au moins une *variable relationnelle*, c'est-à-dire une variable qui peut mettre en relation tous les acteurs du système social que l'on étudie. Cette mise en relation s'opère de multiples manières. Par exemple, si l'on veut examiner les relations de conseil entre les membres d'une organisation, ou bien si l'on veut savoir qui joue avec qui dans une classe, on peut utiliser un questionnaire et des entretiens sociométriques (présentés plus loin). Les techniques de collecte de données doivent être adaptées à l'objet d'étude, et l'imagination méthodologique est ici indispensable. On peut aussi utiliser des annuaires, des procès-verbaux de séance et bien d'autres sources, y compris l'observation participante. La qualité des données relationnelles recueillies et une base uniforme sous-tendant ces données sont essentielles. La nature des données détermine ensuite le genre d'analyse que l'on peut pratiquer et les limites que l'on doit s'imposer dans l'interprétation des résultats.

Une fois assurée l'existence de cette variable relationnelle, on se préoccupe des variables plus classiques, de niveau individuel. Celles-ci décrivent les *attributs* ou propriétés des acteurs. En effet, il est peu intéressant de pratiquer l'analyse de réseaux sociaux sans variables explicatives et à expliquer en amont et en aval des données relationnelles. Il faut donc récolter deux types d'informations supplémentaires. D'une part, des variables susceptibles d'aider à expliquer pourquoi les acteurs font les choix sociométriques observés. Autrement dit des variables indépendantes en amont comme, par exemple, le genre, l'âge, la classe ou le statut social, la profession des acteurs. D'autre part, des variables susceptibles d'aider à montrer en quoi la position des acteurs dans la structure, position définie par exemple par l'appartenance à tel bloc ou encore par des scores de centralité, explique leurs comportements. Autrement dit, des variables dépendantes, en aval, comme des opinions et des croyances, des décisions, des performances.

En résumé, trois types de données doivent entrer en ligne de compte au moment de la conception d'une étude de réseaux structurale : des données sur les relations (ressources), sur les attributs des acteurs, ainsi que sur les comportements susceptibles d'être influencés par la position de ces derniers dans la structure relationnelle observée. Une dimension longitudinale dans le recueil des données observées permet des analyses dynamiques décrivant la coévolution des comportements et des structures.

Dès lors, il devient clair que l'analyse structurale est une méthode à combiner avec d'autres. En particulier, toute recherche utilisant l'analyse de réseaux sociaux doit être précédée d'une définition sociologique de la problématique et inclure une étape de connaissance approfondie, quasi ethnographique, du terrain, des acteurs, de leurs tâches, de leurs discours, de leurs caractéristiques sociales, de l'histoire de leur collectif. Ces données souvent qualitatives et phénoménologiques sont indispensables pour développer les intuitions sur les interdépendances entre acteurs en présence et

les hypothèses sur la structure, les processus et la dynamique du système.

Il n'est pas inutile de revenir sur le fait que, pour que les regroupements et réductions opérés par l'analyse aient un sens, pour que la validité externe des résultats soit clairement établie, les acteurs mis en relation doivent appartenir à une même « catégorie ». Il faut donc définir une base uniforme, des unités sociales de même nature et de même niveau d'analyse comme, par exemple, tous les membres d'une même organisation ou toutes les organisations d'un même secteur ou d'une même holding. Sans cette base uniforme, la méthode perd toute signification. Cela n'exclut pas pour autant les analyses de réseaux multiniveaux.

L'usage rigoureux de l'analyse de réseaux suppose encore deux préalables : que l'on justifie les relations auxquelles on s'intéresse, ainsi que la délimitation de l'ensemble observé (Marsden, 1990 ; Ferligoj et Hlebec, 1999).

I. – Le choix des relations à observer

La question de savoir quels liens spécifiques entre acteurs produisent la structure relationnelle qui nous intéresse est une question théorique autant que méthodologique. Pour contribuer à mettre en évidence et à expliquer la régulation d'un système à partir des relations entre membres, la structuration d'un champ d'action à partir des stratégies des acteurs, le chercheur doit identifier les ressources dont la circulation est vitale pour le système, les productions, les échanges, les contrôles et les solidarités qui le caractérisent. Deux principes peuvent guider le choix des relations à observer.

Premièrement, on choisit la relation à observer en fonction du processus social que l'on cherche à étudier. La structure d'un réseau spécifique, par exemple celui du *conseil* ou « demande d'avis » dans le cabinet d'avocats, peut être considérée comme une approximation de la structure relationnelle du collectif, mais aussi comme un indicateur du processus d'*apprentissage* collectif au sein de cette organisation. Techniquement, l'analyse de réseaux peut étudier plusieurs réseaux c'est-à-dire plusieurs processus, séparément. Cependant, pour comprendre les processus qu'elle étudie, elle doit souvent superposer plusieurs réseaux et reconstituer une vue d'ensemble transversale de la structure relationnelle (voir chap. II). Deuxièmement, l'étude d'un réseau spécifique n'est pas un but en soi. Sans variables dépendantes, rappelons-le, la description de la structure relationnelle reste souvent stérile. En ce sens, le choix d'une relation, l'observation d'un réseau spécifique, doit avoir une signification du point de vue des comportements, des échanges et des processus que l'on cherche à décrire et à expliquer. La méthode elle-même n'établit pas *a priori* de hiérarchie entre les relations à sélectionner et à examiner. Donner davantage d'importance à un type de relation qu'à un autre est un choix dont le chercheur doit rendre compte avant de s'engager dans une étude de réseaux.

Si le choix des relations retenues dépend du problème étudié, la connaissance ethnographique et stratégique du terrain permet de se centrer sur la circulation de ressources jugées importantes par les acteurs eux-mêmes, sur les processus qu'ils considèrent, par exemple, comme les plus problématiques ou conflictuels, ou au contraire stabilisés ou routinisés. Une telle connaissance identifie, par exemple, ce qui peut mal tourner dans le collectif, ainsi que les ressources nécessaires

à l'évitement de ces problèmes. Cette approche reconnaît aussi la dimension stratégique de la concentration et de la circulation de ces ressources. Notons que, la plupart du temps, les chercheurs examinent des relations « positives », des échanges de soutien, des relations de coordination. Des liens conflictuels ou « difficiles » sont plus rarement inclus, faute de coopération de la part des personnes interrogées ou parce que les chercheurs appellent parfois « relations » des phénomènes qui n'en sont pas si l'on adopte la définition présentée en introduction. Par exemple, ce que l'on appelle une « relation de concurrence » ne constitue pas une relation directe au sens du canal de ressources et d'un engagement. Tout au plus témoigne-t-elle de l'existence d'une relation *indirecte* par l'intermédiaire d'un tiers (donneur d'ordre de deux sous-traitants, par exemple).

II. – La spécification des frontières du système

Méthodologiquement, un problème important de l'utilisation de cette méthode est celui de la définition des frontières externes de l'acteur collectif ou du système d'interdépendances dont on veut observer la structure relationnelle. La définition des frontières du système étudié est indispensable techniquement, mais aussi pour connaître la généralisation possible des résultats (validité externe). Recueillir des données de réseaux « complets » [1] présuppose *une définition claire de la population*, c'est-à-dire de l'ensemble d'acteurs que l'on étudie. Or, les ensembles sociaux ont rarement des frontières claires ; la définition des frontières et de leur nature fait même l'objet de luttes stratégiques, internes et externes. Les systèmes sociaux n'étant jamais clos, leurs frontières étant toujours définies et redéfinies, négociées et renégociées des deux côtés, la clôture imposée par les procédures techniques de l'analyse de réseaux doit toujours rester explicite et problématisable. Les délimitations de l'ensemble social à étudier sont donc toujours temporaires ; la flexibilité de l'analyse de réseaux offre les moyens de définir et de redéfinir ces frontières d'une manière analytique. Le choix de ces frontières est fonction du processus que l'on cherche à examiner *in fine* car il doit concerner tous les membres.

Certes, il n'y a pas de découpage valable pour l'examen de tous les processus et phénomènes sociaux à la fois ; chaque découpage au niveau méso assure la lisibilité de certains processus au détriment de la lisibilité des autres. Notre expérience est que l'approche duale et organisationnelle garantit une certaine consistance à la délimitation des frontières car elle garantit aussi une certaine lisibilité des processus sociaux multiniveaux marqués de manière ouverte par les relations de pouvoir.

Beaucoup d'exemples classiques de la littérature spécialisée reposent sur des recherches effectuées dans des classes d'école ou des bureaux, c'est-à-dire des ensembles dont les frontières sont définies par les acteurs eux-mêmes. Mais la responsabilité de définir les acteurs pertinents pour l'étude incombe au chercheur qui peut s'appuyer pour cela sur une exploration du processus de définition des frontières par les membres eux-mêmes. Dans des milieux sociaux plus ouverts que des organisations classiques, l'observation du système d'échanges et d'interdépendances peut aussi atteindre un certain stade de « saturation » (au sens utilisé par les méthodes qualitatives en sociologie) : on peut avoir des raisons de penser qu'ajouter des acteurs et des relations à l'observation du système d'interdépendances ne devrait pas nous en apprendre davantage sur la structure que l'on cherche à dégager et sur les processus sociaux qui nous intéressent. Il reste que ce choix est un pari et que les résultats obtenus par la spécification des frontières sont relatifs à ce pari ; mais il n'y a pas de

science sans ce genre de découpage.

L'omission d'éléments pertinents ou la définition arbitraire de frontières mène à des résultats artificiels et prêtant à confusion. Laumann *et al.* (1983) et Marsden (1990) distinguent entre une approche « réaliste » basée sur la perception des acteurs et des approches « nominalistes » basées sur le point de vue d'un observateur extérieur. Ils distinguent trois tactiques de définition des frontières. Des tactiques basées sur les attributs des unités se fondent sur des critères d'appartenance définis par des organisations formelles (écoles, entreprises, etc.) ; des tactiques basées sur des relations sociales, comme les procédures d'échantillonnage en boule de neige ; des tactiques basées sur la participation commune à un événement important (avoir signé une même pétition, avoir vécu ensemble une même épreuve.

Une approche strictement structurale est limitée à une petite ou moyenne échelle, à moins de choisir le niveau et les unités d'analyse de manière délibérément partielle, ou bien des unités d'analyse à l'échelle très agrégée (comme les flux de migrants entre pays européens). On peut ainsi utiliser l'approche structurale en analysant les réseaux de relations entre les membres d'un sous-système, par exemple les relations entre les cadres supérieurs d'une entreprise, sachant que la structure représentée ne sera pas celle de l'organisation dans son ensemble, mais seulement celle d'un niveau hiérarchique et d'une sous-population bien spécifiques dans un contexte multiniveaux.

III. – Les sources d'information sur les relations entre acteurs

Les chercheurs ont fait preuve d'imagination méthodologique pour obtenir des données de sources différentes sur les relations sociales (Marsden, 1990). Les enquêtes par questionnaire sociométrique constituent une méthode courante. Les données d'archives, les observations directes et les expériences de laboratoire sont cependant des sources de plus en plus utilisées pour cette mise en relation des acteurs.

Les questionnaires sociométriques sur l'existence ou la non-existence de relations entre la personne interrogée et les autres membres du système observé obtiennent des énumérations d'individus avec lesquels ces liens sont directs. La section suivante contient des exemples de générateurs de noms plus ou moins standards. Les relations entre organisations ont aussi été étudiées par des entretiens sociométriques auprès de représentants officiels répondant à des questions sur les transferts d'information ou d'autres ressources. Lorsque des enquêtes et des questionnaires sont utilisés dans le domaine des relations interorganisationnelles, des problèmes de sélection des représentants de ces organisations se posent du fait de la division du travail au sein de ces organisations et du fait du caractère stratégique des questions posées. Le maire d'une commune est-il seul à être bien placé pour répondre à des questions sur les relations de coopération avec les communes voisines ? Le responsable des relations publiques d'une entreprise est-il le mieux placé pour répondre à des questions sur la coopération avec d'autres entreprises ? La qualité des informations recueillies est certainement meilleure lorsque les questions posées relèvent des compétences ou des activités du représentant de l'organisation. Cependant, peu de recherches ont été consacrées à la qualité des

réponses dans ce contexte interorganisationnel. Pappi et König (1995) signalent cependant qu'ils prennent la précaution de solliciter des réponses croisées sur les flux de ressources pour pouvoir analyser ensuite les relations confirmées des deux côtés, émetteurs et récepteurs.

Le recueil des données par enquête coûte cher et présente des risques d'échec évidents puisqu'il faut obtenir la participation de tous les membres du système observé. Les données d'archives de toutes sortes permettent la mise en relation de manière souvent plus avantageuse pour le chercheur intéressé par des réseaux du passé (ou plus généralement dont les membres sont inaccessibles). C'est ce que montre l'intérêt croissant des historiens pour cette méthode qui permet, par exemple, d'enrichir l'analyse de données prosopographiques (Lemercier, 2005). Burt et Ronchi (1990) ont ainsi eu accès aux dossiers du service du personnel d'une grande entreprise qui leur a permis de représenter un aspect de la structure relationnelle de cette organisation en reconstituant les relations de parrainage et de recommandation au moment des recrutements.

Les données d'archives sont souvent utilisées dans le domaine des relations interorganisationnelles, notamment dans l'étude des liens *interlock* (Mintz, Schwartz, 1985 ; Berkowitz, 1982 ; Mizuchi, 1994). L'information sur les relations entre banques et entreprises est recueillie dans les annuaires contenant les noms et qualités des membres de leurs conseils d'administration. Les chercheurs considèrent que ces organisations sont ainsi mises en relation par le fait qu'elles ont des administrateurs communs, certains conseillers siégeant dans plusieurs conseils. Dans le domaine de l'activité scientifique, les réseaux de cocitation constituent des données importantes pour la sociologie des sciences et de la connaissance.

Les archives politiques, diplomatiques, commerciales, économiques, judiciaires offrent des opportunités inexploitées de reconstituer systématiquement des structures relationnelles et d'analyser des formes inexplorées d'action collective à partir de données dites d'*affiliation*. Par exemple, on peut supposer que si deux personnes ont participé à un événement marquant (la signature d'une pétition par une cinquantaine de dissidents particulièrement courageux, la fréquentation quotidienne de la même cafétéria aux mêmes heures pendant des années, la participation aux travaux d'une commission, etc.), il y a de fortes chances pour qu'elles se connaissent ou qu'elles aient des relations importantes du point de vue des comportements ou des processus étudiés. Cette manière de procéder a un caractère spéculatif qui incite à beaucoup de prudence, mais elle constitue une technique d'exploitation d'annuaires et de *Who Is Who?* sous-utilisée par les sociologues.

IV. – Exemples de générateurs de noms

On appelle générateurs de noms les questions sociométriques permettant de reconstituer un réseau social. Des questions simples suffisent souvent à engendrer des informations nécessaires à la reconstitution d'un réseau complet. Une liste de noms avec un critère bien défini réduit le nombre des « oublis » de la part de la personne interrogée. L'exemple suivant est extrait du questionnaire de l'étude du cabinet d'avocats d'affaires mentionnée plus haut :

« Voici la liste de tous les avocats de votre cabinet : parmi les personnes sur cette liste, à qui demandez-vous conseil lorsque vous êtes confronté à des problèmes d'ordre professionnel et que

vous avez besoin d'un regard un peu extérieur au dossier que vous traitez ? Imaginez que vous avez des doutes sur la bonne manière de conduire une affaire importante et que vous voulez en discuter à fond avec quelqu'un (pas simplement demander un renseignement technique). Pourriez-vous cocher sur cette liste le nom des personnes que vous consultez dans ces cas-là ? »

Dans la formulation des générateurs de noms, il faut limiter le plus possible l'utilisation de critères que les personnes interrogées peuvent interpréter de manière variable. Une erreur à éviter est de poser aux membres d'une organisation la question « Qui sont vos amis parmi toutes les personnes qui figurent sur cette liste ? » En effet, la relation d'amitié peut être définie de manière très différente par chaque acteur. Sa valeur d'indicateur est donc très faible. L'expérience montre qu'en général il vaut mieux poser des questions sur des *activités* que le chercheur prendra la responsabilité de considérer comme les indicateurs de l'existence des relations ou des échanges qui l'intéressent. Par exemple, des questions sur le fait de sortir ensemble ou d'avoir des activités communes hors travail, ou des échanges solidaires spécifiques que l'on considère, en tant que chercheur, comme indicateurs de la relation d'amitié. Une solution à ce problème est donc de spécifier le critère le plus précis possible pour l'existence d'un lien, de manière à ce que toutes les personnes interrogées utilisent le même critère et que les liens mentionnés soient du même type. À cet égard, il n'y a pas d'alternative aux tests et prétests pour classer les critères, évaluer les questions, ajuster leur pertinence à la vie sociale des personnes interrogées, et les formuler de manière pratique pour elles. Enfin, il va de soi que le choix du critère à utiliser relève davantage d'une discussion théorique que d'une discussion méthodologique : il dépend de ce que l'on cherche à savoir.

Dans leur comparaison de techniques différentes, Holland et Leinhardt (1973) critiquaient la pratique de la délimitation *a priori* des nombres de contacts de chacune des personnes interrogées (par ex. « Quels sont les trois collègues qui vous ont été les plus utiles pour votre carrière dans l'entreprise ? »). Ces restrictions peuvent déformer la description ultérieure de la structure locale et globale des relations. La variation dans le nombre de liens est en soi une caractéristique cruciale d'un réseau social. Imposer de telles restrictions représente donc davantage qu'une perte d'information.

À ces questions sociométriques simples, les analystes de réseaux ont peu à peu ajouté des types de questions relationnelles plus complexes. Par exemple, Krackhardt (1987, 1990) demande à tous les cadres d'une entreprise de se représenter les relations entre les autres membres du système : « À qui, parmi tous les cadres de l'entreprise, Untel va-t-il, selon vous, demander conseil ? Et tel autre ? » Une liste de tous les cadres de l'entreprise est présentée à la personne interrogée qui n'a plus qu'à cocher les noms des personnes auxquelles elle pense que Untel demande conseil. La même question est ensuite répétée pour et auprès de tous les cadres de l'entreprise, obtenant ainsi des données dites « une matrice par personne » (pour la représentation des réseaux sociaux au moyen de la notation matricielle, voir le chap. II). Elles permettent d'étudier la manière dont chaque personne perçoit les relations entre les autres, sa perception de la structure d'ensemble, ainsi que la « structure sociale cognitive » de l'ensemble étudié (Krackhardt, 1987, 1990). Dans le même esprit, Lazega (2001) remplace les données sur la perception des relations par des données sur la manipulation des relations entre associés du cabinet d'avocats au moyen d'un scénario mettant en scène des opérations de contrôle social « latéral » :

« Voici la liste de tous les associés de votre cabinet. Imaginez que vous êtes le directeur du cabinet. Vous vous rendez compte que l'un de vos associés a des problèmes personnels qui ont des répercussions négatives sur sa productivité. Ces problèmes peuvent être de toutes sortes : alcoolisme, dépression, divorce, etc. En tant que directeur, c'est à vous de vous préoccuper de cette situation. Vous cherchez parmi les associés de cette personne en difficulté un ou des collègue(s) qui irai(ent) lui parler discrètement et confidentiellement pour savoir ce qui se passe, et pour voir ce que le cabinet peut faire pour l'aider et limiter les dégâts. Vous ne voulez pas le faire vous-même parce qu'il faut que la démarche reste informelle, et que votre statut de directeur pourrait être gênant à cet égard. Ma question est la suivante : à qui parmi tous les autres associés demanderiez-vous d'aller parler à Associé no 1, si c'est lui qui est en difficulté ? Pourquoi délégueriez-vous cette tâche à cette ou ces personne(s) ? Et si la personne en difficulté est Associé no 2 ?, etc. [Passer en revue tous les associés l'un après l'autre.] »

On demande ainsi à chaque associé du cabinet (acteur) de choisir un ou des collègue(s) (levier[s]) à qui il demanderait d'approcher le fauteur de trouble (cible). Comme avec les données de Krackhardt, on obtient une matrice par personne interrogée. Ces matrices représentent des réseaux de délégation du contrôle centrés autour d'une cible de contrôle social. Cette approche fournit des informations très riches sur les relations de contrôle indirect et la convergence des contraintes sociales entre pairs dans le cabinet, ainsi que des informations sur chaque associé en tant qu'acteur, en tant que levier et en tant que cible. Chaque personne interrogée a donc répondu tour à tour au sujet de tous les autres associés considérés comme cible éventuelle. Aucune limite au nombre de leviers n'est imposée à la personne interrogée. Elle reste libre de déléguer cette tâche à un seul levier ou de constituer des « équipes » de contrôle social. On sait donc qui assignerait cette tâche de contrôle « latéral » à qui, et pourquoi [2].

Un troisième exemple de complexification est fourni par Burt (1992, 1997), qui utilise un questionnaire égocentré et demande à chaque personne interrogée de nommer ses contacts et de reconstituer les relations entre ses contacts. Ces dernières sont donc établies par les perceptions des personnes interrogées, ce qui ne garantit pas toujours une grande fiabilité. Mais l'avantage de cette technique est que les procédures d'analyse structurale deviennent applicables au sous-réseau de chaque personne interrogée. Cette dernière peut appartenir à un échantillon statistique classique. Burt combine ainsi l'approche égocentrée et l'ap-proche structurale.

V. – Niveaux d'analyse et systèmes d'action superposés

Les données de ce type peuvent être complexes, notamment lorsqu'elles combinent plusieurs niveaux d'analyse. Elles sont souvent présentées comme une stratégie prometteuse d'analyse multiniveaux (Marsden, 1990 ; Lazega *et al.*, 2007). Concevoir une étude de réseaux exige donc une grande clarté dans la distinction entre les différents niveaux d'analyse auxquels on cherche à se situer. Pour simplifier, on peut distinguer ici trois niveaux : *individuel*, *relationnel* et *structural*.

Au niveau dit structural, ou global, on cherche à décrire des ensembles sociaux entiers (par exemple

des groupes de travail, des organisations, des communautés), à les comparer, voire à comparer les processus sociaux qui caractérisent chacun d'entre eux. Cela exige des données de réseaux complets sur différents types de relations dans la même population. Cette énumération complète est indispensable pour des techniques d'analyse (présentées plus loin) qui comparent des profils relationnels ou utilisent l'information sur des relations indirectes. À ce niveau, les modèles qui cherchent à dégager la structure de l'ensemble sont nombreux. Décrire la structure relationnelle d'un système social consiste d'abord à identifier des sous-ensembles d'acteurs à l'intérieur du système. Ces sous-ensembles peuvent être reconstitués à partir d'une mesure de la « cohésion » ou de la densité des relations entre acteurs : on peut penser, par exemple, qu'un sous-ensemble d'acteurs constitue un véritable groupe si les relations entre eux sont fortes et denses. Les analystes de réseaux utilisent souvent pour ce type de sous-ensemble le terme « clique », mais sans y ajouter de nuance péjorative. Les sous-ensembles peuvent aussi être reconstitués à partir de mesures comme celle de l'« équivalence structurale » : dans ce cas, les acteurs sont regroupés en un sous-ensemble, appelé « bloc » (Arabie *et al.*, 1978 ; White, Boorman et Breiger, 1976) ou « position », parce qu'ils ont le même profil relationnel, les mêmes relations avec le reste du système (et non pas nécessairement parce qu'ils interagissent entre eux). Du fait de cette « partition » ou « segmentation », des acteurs approximativement structurellement équivalents sont situés de manière semblable dans la structure : ils peuvent avoir à peu près les mêmes ennemis et les mêmes amis, subir les mêmes contraintes de la part du système et se voir offrir les mêmes opportunités et ressources.

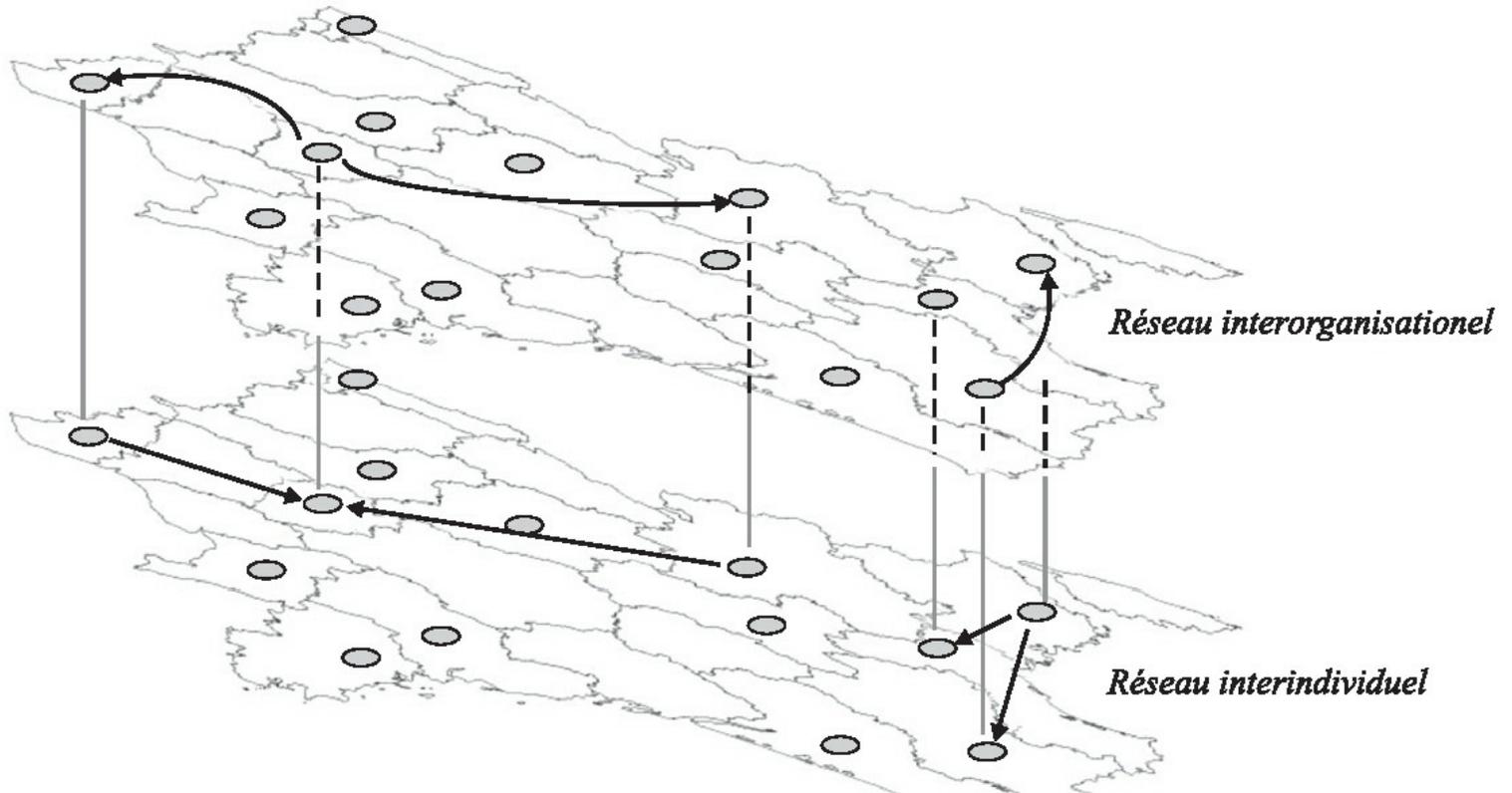
Au niveau relationnel, on se centre sur les caractéristiques des dyades (parfois aussi des triades ou même des sous-structures intermédiaires de niveau plus élevé). L'idée ici est de caractériser les relations elles-mêmes. On peut se demander quelle est la proportion de relations symétriques dans un réseau : quelle est la proportion de tous ceux que je cite comme des collaborateurs fiables et qui me considèrent à leur tour comme tel ? Ce niveau d'analyse doit donc faire l'objet d'une attention particulière lorsque l'on cherche à décrire les transferts et échanges de ressources (par ex. leur densité, leur réciprocité) les plus courants ou les plus probables dans un milieu donné. Les mesures issues de la théorie des graphes, comme celles de distance ou d'accessibilité, sont des mesures qui se pratiquent au niveau des relations entre acteurs. Le chapitre sur la statistique des données de réseaux (chap. III) offre des exemples concrets de ce que signifie travailler à ce niveau dyadique.

Au niveau individuel, ce sont des caractéristiques dérivées de la connaissance de la structure relationnelle du système dans son ensemble qui font l'objet des techniques de routine. Dans ce contexte, les mesures de centralité et de prestige sont individuelles, elles fournissent un score individuel pour chaque acteur. Ajoutées aux attributs classiques des individus (niveau d'éducation, origine et appartenances sociales, genre, etc.), ces caractéristiques permettent de comparer des individus, d'expliquer des différences entre eux, ou parfois de relier ces différences à des inégalités qui sont supposées en dépendre (par ex. des mesures de productivité, de satisfaction ou d'insatisfaction, de choix normatifs). Mais le chercheur a néanmoins besoin de la connaissance des relations entre *tous* les membres du système d'interdépendances pour en dériver de telles mesures structurales.

Enfin, la dimension multiniveaux peut être développée à l'échelle structurale si l'on identifie et articule, au travers de réseaux interindividuels et interorganisationnels, des formes d'action collective superposées – et donc des processus sociaux propres à chaque niveau mais pris dans des

interdépendances verticales. La figure suivante illustre cette prise en compte de niveaux d'action collective superposés par l'approche dite du *linked design* (Parcel *et al.*, 1991) adaptée à l'analyse de réseaux sociaux (Lazega *et al.*, 2007, 2013). Cette approche permet d'identifier « des gros ou des petits poissons dans de grandes ou petites mares » et d'enrichir, grâce à l'examen de systèmes d'interdépendances superposés (et plus ou moins emboîtés), l'étude des processus sociaux à l'œuvre dans une société fortement organisationnelle.

- Fig. 1. – Un exemple de multiniveaux



Lecture : Les points sur la carte supérieure représentent une petite partie de 82 laboratoires de recherche en cancérologie française dont les directeurs ont été interviewés en 2000 sur les échanges de ressources entre leurs organisations. Les flèches entre ces points indiquent la direction dans laquelle un recrutement a été opéré. Par exemple, un laboratoire lillois et un laboratoire dijonnais ont recruté un(e) chercheur(e) en cancérologie en provenance de Paris. Autre exemple : un laboratoire niçois a recruté un(e) chercheur(e) en cancérologie en provenance de Montpellier. Les points sur la carte inférieure représentent une petite partie des 128 chercheur(e)s d'élite interviewé(e)s et des relations de conseil entre eux. Les flèches entre ces points indiquent la direction dans laquelle les demandes de conseil sont parties concernant les recrutements entre laboratoires. Par exemple, un chercheur niçois a demandé conseil à un chercheur montpelliérain et à un chercheur toulousain en matière de recrutement pour son projet de recherche. De même, un chercheur dijonnais et un chercheur lillois ont demandé conseil à un chercheur parisien en matière de recrutement. Enfin, les traits droits et verticaux reliant des points d'une carte avec les points de l'autre carte indiquent que le chercheur individuel représenté dans la carte de l'étage inférieur appartient au laboratoire représenté

dans la carte de l'étage supérieur (principe du *linked design*).

VI. – La qualité et le statut des données

La question de la qualité des données relationnelles est certainement centrale pour la mesure des réseaux sociaux. Elle rejoint les préoccupations de tout enquêteur sur la pertinence de la question pour la personne interrogée, sur le partage de la signification de la question entre le chercheur, l'enquêteur, les personnes interrogées.

Surtout lorsqu'ils conduisent des entretiens basés sur des questionnaires sociométriques, les chercheurs remettent souvent en question l'exactitude et la fiabilité des déclarations des personnes interrogées sur leurs relations, sur les attributs de leurs contacts, ou sur les liens entre leurs relations (Laumann, 1969 ; Shulman, 1976 ; Hammer, 1985). Il est possible d'évaluer cette exactitude et cette fiabilité en les comparant à des observations directes, en interrogeant les contacts de la personne interrogée, en reproduisant l'enquête de manière à évaluer la stabilité des réponses. À cet égard, cependant, les travaux de Bernard, Killworth et Sailer (1981) ont suscité de nombreuses discussions : ils comparent notamment les résultats obtenus par un questionnaire sociométrique à des observations directes et à la surveillance de communications radio entre membres. Ils concluent que les déclarations des acteurs correspondent très peu à leurs actes. Les questionnaires sociométriques ne seraient donc que très peu fiables. La perception des relations est dès lors elle-même devenue objet de recherche (Bernard *et al.*, 1981 ; Hammer, 1985 ; Freeman *et al.*, 1987 ; Krackhardt, 1987 ; Kumbasar *et al.*, 1994) de manière à tenter de dégager une logique qui leur serait propre. D'autres chercheurs montrent, par contre, que les taux de choix réciproques dans un système social sont souvent suffisamment élevés pour que les déclarations des acteurs ne soient pas considérées comme le pur produit de leur imagination (Marsden, 1990).

Ces études ont stimulé un scepticisme utile concernant l'acceptation non critique des données sociométriques résultant de questionnaires. La qualité des données doit être mise en question et faire l'objet de soins attentifs. Les déclarations des acteurs doivent, dans la mesure du possible, faire l'objet des comparaisons les plus robustes possible avec des informations de nature différente. Elles doivent surtout limiter les conclusions et interprétations tirées d'une enquête sociométrique et permettre au chercheur de définir ces limites. Le meilleur moyen d'approcher la structure relationnelle d'un milieu social est d'utiliser à la fois des informations sociométriques, des données d'observation directe ou d'archives ne nécessitant pas de passer par les perceptions immédiates des acteurs, ainsi que des caractéristiques sociodémographiques des acteurs et de leur position formelle dans le système social plus vaste. Il n'y a pas, à ce jour, d'instrument standard capable d'assurer la qualité des données pour des études aussi variées que celle du soutien social ou des processus de diffusion. L'imagination méthodologique est toujours sollicitée.

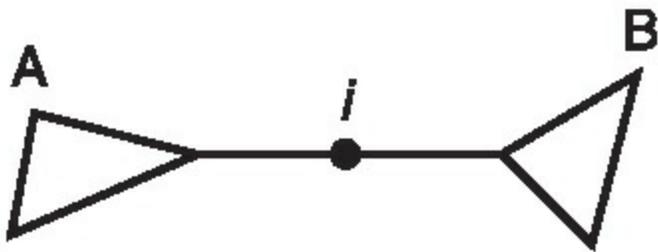
VII. – La question de l'échantillonnage

Pour l'instant, il n'y a pas de méthodes générales d'échantillonnage pour une étude utilisant des réseaux complets. Plus précisément, il n'y a pas de méthode d'échantillonnage capable de répondre à

toutes les questions que les analystes de réseaux souhaitent poser à des données de ce type. Les travaux proprement statistiques, *i. e.* soutenus par des raisonnements probabilistes, sont limités. Ils partent de l'idée qu'il existe, « dans la nature », un réseau dont on peut extraire un échantillon aléatoire [3] de sous-structures variées. L'estimation de caractéristiques du réseau, comme la densité, ou de caractéristiques individuelles dérivées de la connaissance de la structure, comme la centralité de degré (voir chap. II), fait l'objet de recherches en cours. Mais ce sujet est très vaste, et aucune stratégie générale d'échantillonnage n'existe à ce jour pour l'étude des caractéristiques structurales « lourdes » d'un milieu donné.

La structure dite du « nœud papillon » offre un exemple simple des difficultés soulevées par cette question. La figure 2 représente une clique A et une clique B reliées par un individu *i*.

- Fig. 2. – Structure dite du « nœud papillon »



Une technique d'échantillonnage au hasard a de fortes chances de ne pas inclure *i* dans l'échantillon. Pourtant, en termes de centralité d'intermédiarité (voir chap. II), *i* est l'acteur le plus important de cette structure. Ne pas relever sa position stratégique peut avoir des conséquences fâcheuses pour la représentation générale de cette structure. Certaines mesures des caractéristiques des structures relationnelles sont très sensibles à des relations clés entre membres. Effacer ces relations peut radicalement modifier la caractéristique de la structure que l'on cherche à mesurer.

Cependant, les structures sociales réelles sont rarement aussi claires que celle du « nœud papillon ». Il n'est donc pas entièrement sûr que l'on n'ait rien à apprendre des méthodes d'échantillonnage aléatoire de relations constitutives de certaines structures. Les recherches contemporaines, bien qu'elles ne s'entendent pas toujours sur ce que signifie ici le « hasard », tentent de développer la théorie avec des concepts qui ne sont pas aussi sensibles que la centralité d'intermédiarité aux caractéristiques de chaque sommet ou de chaque relation dans le réseau. De plus, ces techniques peuvent être utiles pour des études plus épidémiologiques, par exemple la diffusion d'un virus.

VIII. – La responsabilité déontologique

De telles recherches scientifiques ne sont pas faciles à conduire. Davantage encore que dans d'autres types de recherche sociologique, mener une étude de réseaux est un défi déontologique autant que scientifique. L'utilisation de cette méthode exige des précautions. Par exemple, le recueil des données peut se heurter à des résistances compréhensibles de la part des acteurs dont on « met à plat » les relations, les solidarités, les jeux de pouvoir. De même, la lourdeur potentielle des

enquêtes sociométriques peut dissuader les chercheurs d'investir dans des entretiens et les encourager à chercher des moyens indirects d'observer les relations entre acteurs. L'usage de cette méthode présente donc des inconvénients que l'imagination méthodologique peut parfois surmonter.

Ferrand, Klovdahl et Mounier (1994) cernent la conception d'une étude de réseaux au moyen de quatre facteurs : les buts de la recherche, les problèmes scientifiques en jeu, le terrain et les ressources disponibles. Comme le montre Van de Bunt (1997), ce sont souvent les deux derniers facteurs qui donnent le ton. D'abord, inclure un volet « structural » dans une recherche signifie que les questions posées auront nécessairement une dimension personnelle [4] et qu'elles peuvent être perçues comme indiscretes. On demande aux acteurs de parler de personnes avec lesquelles ils vivent quotidiennement, de nous dire en qui ils ont confiance, parfois même de parler de relations conflictuelles, d'évaluer des concurrents. Les relations des acteurs représentent pour eux des ressources et des engagements, ou des moyens d'accès à des ressources, dans des contextes où la concurrence pour cet accès peut être forte. La connaissance et la gestion de ces ressources représentent donc un atout stratégique parfois précaire. Ensuite, l'absence de méthodes d'échantillonnage pour cette approche fait dépendre le chercheur de la bonne volonté de tous les acteurs du système. Enfin, les questionnaires sociométriques et les entretiens qualitatifs qui les accompagnent peuvent être longs pour les individus et/ou coûteux pour les organisations dans lesquelles ils travaillent. Dans une certaine mesure, l'imagination méthodologique des chercheurs peut dépasser ces inconvénients, mais en règle générale la contextualisation relationnelle des comportements est une affaire délicate.

Sans exception, chaque personne interrogée doit donc recevoir bien à l'avance une lettre expliquant l'objectif de la recherche, la manière dont elle est conduite, l'usage qui sera fait des informations recueillies. Cette lettre peut être livrée personnellement. Il faut ensuite que le questionnaire informe la personne interrogée de la manière dont son anonymat sera garanti, alors même que le questionnaire sociométrique contient les noms ou prénoms de tous, en clair. Le questionnaire doit être numéroté et le numéro correspondre à un code dont le chercheur est seul à avoir la clé. Chaque personne répondant à un tel questionnaire reçoit, si elle le souhaite, un exemplaire du rapport final (qui ne mentionne jamais les choix sociométriques individuels). Assurer un suivi en se montrant fréquemment en personne (sans pour autant interférer), en répondant aux questions, en se rendant disponible et en manifestant périodiquement son intérêt pour la recherche et le problème étudié, tout cela fait partie du travail et de la responsabilité du chercheur de terrain.

La mise en œuvre des procédures d'analyse descriptives et multivariées listées en introduction est présentée au chapitre suivant. On y expose la manière dont les données recueillies sont couramment analysées. S'il n'est pas possible ici de rendre compte de toutes les opérations et algorithmes, on peut cependant donner une idée générale des opérations élémentaires nécessaires à une première analyse de ces informations et à la construction de variables structurales qui peuvent être utilisées ensuite comme variables dépendantes ou indépendantes dans des modèles de régression standards.

Notes

[1] L'expression « réseaux complets » est absurde si elle présuppose un acteur mystérieux (« le réseau ») dont on pourrait penser par ailleurs que sa spécificité est de ne pas avoir de frontières (Eloire et al., 2011). Dans notre situation, cette complétude est plutôt technique : elle renvoie à l'idée que, dans un collectif aux frontières déjà définies (même si cette définition n'est jamais que stratégique et temporaire), on cherche à connaître de manière exhaustive la présence ou l'absence d'une relation spécifique entre deux membres de ce collectif quels qu'ils soient, c'est-à-dire entre tous les membres de ce collectif. Comment imaginer l'étude systématique de la solidarité sans modélisation de la réciprocité directe, indirecte et multiplexe, c'est-à-dire sans cette méthode dite d'analyse des réseaux « complets » ? Comment comprendre le sens d'une position sociale sans la situer dans un système de positions mésosocial et comment examiner ce système sans données de réseaux « complets » compris au sens défini ci-dessus ? Les méthodes qui se centrent sur (ou s'arrêtent à) l'étude des réseaux « personnels » (interactionnisme purement « égo-centré ») et de sociabilité à l'échelle macro ne peuvent pas reconstituer des structures relationnelles et faire avancer la connaissance des processus sociaux. Les sociologues ne doivent donc pas se priver d'une formalisation qui leur permet d'analyser des systèmes d'interdépendances (relationnelles) extraordinairement complexes. C'est l'examen systématique de la dimension relationnelle des processus sociaux qui exige une approche en termes de réseaux « complets », au sens méthodologique utilisé ici.

[2] Le problème général posé par ce scénario est celui du coût du contrôle social dans une organisation collégiale, c'est-à-dire entre pairs réticents à faire intervenir une hiérarchie par ailleurs très faible. La manière dont le scénario pose ce problème est donc adaptée au cabinet étudié et à ses spécificités. Pour évaluer au cas par cas la pertinence de ce type de scénario, voir Rossi (1979).

[3] Voir à ce sujet Frank (1988), Granovetter (1976), Erickson (1978), Spreen (1992), Snijders (1992), Frank et Snijders (1994) et le chapitre III plus bas.

[4] Cela est vrai même lorsque les unités sont des entreprises. Une organisation est représentée par des individus qui personnalisent toujours, plus ou moins, leur rôle officiel.

Chapitre II

Décrire des structures relationnelles

Les analystes des données relationnelles ont développé des techniques dont ce chapitre offre un très rapide résumé. Les mesures présentées permettent de trouver une structure dans les données. « Trouver une structure » est une démarche inductive : le chercheur doit, avec ses intuitions et ses connaissances du terrain, construire des hypothèses et les représenter au moyen de ce genre de technique. Le test de ces hypothèses est traité au chapitre III. Les hypothèses construites dépendent des données rassemblées et du problème étudié. Nous mettrons l'accent sur la signification et l'utilisation de ces mesures plus que sur leurs nuances et variantes que l'on trouvera exposées dans des ouvrages plus complets cités en introduction. Une connaissance minimale du vocabulaire de la théorie des graphes et des opérations simples sur les matrices ainsi qu'une initiation de base en statistiques usuelles en sociologie sont utiles. Ce chapitre fait référence à l'ouvrage de Wasserman et Faust (1994) pour l'essentiel de ses considérations techniques.

Un graphe est un dessin constitué de points, appelés sommets, et de flèches, appelées arcs, reliant certains de ces points. D'habitude, les sommets représentent les acteurs sociaux, et les arcs, les relations interdépendantes et échanges entre eux. Cette manière de représenter un réseau permet de parler de proximité et de distance entre acteurs. En effet, les relations entre deux sommets peuvent être directes ou indirectes. Un chemin (ou une chaîne) entre deux sommets est une séquence d'arcs (ou d'arêtes) et de sommets distincts. S'il y a un chemin entre ces deux sommets, on dit qu'ils sont accessibles (*reachable*). La longueur du chemin est le nombre d'arcs (ou d'arêtes) qu'il contient. L'analyse de réseaux sociaux peut utiliser plusieurs mesures de la distance entre sommets. Retenons ici la distance « géodésique », c'est-à-dire le plus court chemin entre deux sommets, *i. e.* le nombre minimum de pas qu'un acteur i doit faire pour rejoindre un acteur j . Lorsque la distance géodésique entre deux acteurs est faible, les deux acteurs sont « proches » ; lorsqu'elle est grande, ils sont « éloignés ». Le diamètre d'un graphe est la longueur du plus long géodésique reliant ou connectant n'importe quelle paire de sommets dans le graphe. Le diamètre d'un graphe est donc la distance géodésique maximale entre deux membres d'un groupe ou d'un sous-groupe. Un graphe est dit connecté s'il y a un chemin entre tous les membres ou sommets du graphe.

Une matrice représente bien l'information contenue dans un graphe. Ci-dessous, la matrice M représente les relations entre acteurs de la structure du « nœud papillon » (fig. 2 du chapitre précédent) où il est admis que les relations sont orientées et réciproques.

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Cette représentation matricielle est utile, car elle permet d'utiliser des opérations algébriques pour analyser les réseaux de relations. Les éléments diagonaux sont considérés ici comme triviaux et exclus des calculs car ils correspondent au cas où i est en relation avec lui/elle-même. Lorsqu'on dispose d'une matrice sociométrique, il est intéressant de connaître, grâce aux élévations à des puissances successives, la distribution des relations *directes* et *indirectes* dans le réseau. Pour identifier tous les chemins indirects entre i et j passant par un intermédiaire k , c'est-à-dire toutes les relations dans lesquelles i doit faire deux pas pour rejoindre j , il suffit d'élever la matrice sociométrique de base au carré. Pour identifier toutes les relations indirectes entre i et j passant par deux intermédiaires, il suffit d'élever la matrice sociométrique de base à la puissance trois ; et ainsi de suite. L'étude de la matrice sociométrique des relations de conseil dans le cabinet, et de ses puissances successives, montre que 892 relations directes, où i mentionne j comme conseiller, sont observées entre eux ; 2 194 relations indirectes à deux pas, 1 059 à trois pas, 331 à quatre pas, 82 à cinq pas, et 9 à six pas ; 403 relations ne sont pas réalisées, même indirectement. Il est donc possible d'affirmer que, dans ce réseau, il y a de fortes chances pour qu'un acteur quelconque n'ait pas besoin de plus d'un ou deux intermédiaire(s) pour demander conseil à un autre acteur quelconque du réseau.

Encore faut-il que, dans ce réseau, les relations indirectes aient un sens, c'est-à-dire que le fait de demander conseil au conseiller de mon conseiller soit envisageable. Rien ne s'y oppose dans l'absolu, même s'il existe certainement des situations sociales dans lesquelles cette relation est plus ou moins taboue : elle peut être interprétée par mon conseiller (s'il sait que je demande conseil à d'autres, en particulier à ses propres conseillers) comme un manque de confiance ou une manœuvre de court-circuitage social. Dans le réseau de conseil entre les 71 avocats du cabinet, la connaissance ethnographique du terrain indique que ces relations indirectes sont possibles. Et l'analyse statistique du chapitre III montre qu'elles ont une forte probabilité d'occurrence.

Le fait que 892 relations directes soient observées entre membres du cabinet, sur 4 970 relations possibles (71×70), permet de calculer la densité δ du réseau, à savoir 0,17. Pour un graphe orienté, ce calcul applique la définition suivante :

$$\delta = \frac{L}{g(g-1)}$$

où g est le nombre de sommets du graphe et L le nombre d'arcs observés entre eux. Cette proportion des relations observées relativement aux relations possibles entre acteurs est un indicateur de base de la structure d'un réseau [2]. Pour des mesures non dichotomiques, cette densité peut aussi représenter

la force moyenne des relations entre unités du réseau. D'ordinaire, elle diminue lorsque la taille du réseau augmente.

I. – Centralité et prestige

L'une des mesures les plus simples de la position relative des acteurs au sein d'un système est proposée par les scores de centralité. Héritée de la sociométrie, cette mesure est un apport très utile de l'analyse de réseaux, car elle identifie les acteurs les plus « importants » du système, c'est-à-dire des acteurs qui y contrôlent l'allocation des ressources ou qui disposent d'une certaine autorité. Les définitions de l'« importance » varient considérablement, différentes mesures de la centralité des acteurs dans un réseau ont été proposées (Freeman, 1979 ; Wasserman et Faust, chap. 5), qui reflètent ces variations. On dit de ces acteurs qu'ils sont les plus centraux, parfois aussi les plus prestigieux [2]. On distingue en général entre deux conceptions de base de l'« importance » d'un acteur : 1/ la centralité : un acteur est très central lorsqu'il est engagé dans beaucoup de relations (directement ou indirectement). Ici, la direction des arcs ne compte pas ; 2/ le prestige : un acteur est prestigieux lorsqu'il *reçoit* beaucoup de choix ; cette mesure est une mesure de la popularité d'un acteur dans le système d'interdépendances observé. Ici, la direction des arcs compte. On distinguera donc l'étude de la centralité pour les relations non orientées (par ex. les relations d'alliance matrimoniale entre familles florentines de la Renaissance) et l'étude de la centralité et du prestige pour les relations orientées (par ex. les relations de conseil).

Trois mesures de la centralité sont particulièrement connues dans la littérature : les centralités de degré (*degree*), de proximité (*closeness*) et d'intermédiarité (*betweenness*). La centralité de degré se mesure au nombre de liens (taille du réseau d'un acteur). On peut l'interpréter en disant que plus un acteur est central de ce point de vue, plus il est « actif » dans le système.

La centralité *de degré* se mesure de la manière suivante : = où x_{ij} est la valeur du lien de i à j . Cette mesure dépend de g (nombre d'acteurs du réseau) ; sa valeur maximum est $g - 1$. Wasserman et Faust (1994) proposent de standardiser en divisant par $(g - 1)$:

$$(g - 1) : C'_{D_i} = \frac{\sum_j x_{ij}}{g - 1}.$$

La centralité de proximité d'un acteur se mesure au nombre minimum de pas qu'il doit effectuer pour entrer en contact avec les autres acteurs du système. De ce point de vue, plus un acteur est central, plus il est « proche » des autres, plus il entre vite en contact ou interagit facilement avec eux. On l'interprète parfois comme une mesure d'autonomie, d'indépendance à l'égard du contrôle exercé par d'autres.

La centralité *de proximité* se mesure de la manière suivante (Sabidussi, 1966) : où d_{ij} est la distance géodésique entre les acteurs i et j . La distance totale entre l'acteur i et tous les autres acteurs est où la somme s'effectue pour tous les $j \neq i$. Cet indice est simplement l'inverse de la somme des distances de l'acteur i à tous les autres. Au maximum, cet indice est égal à $1/(g - 1)$ lorsque l'acteur est

adjacent à tous les autres acteurs. Une limite de cet indice tient à ce que l'on ne peut pas le calculer lorsque le réseau comprend plusieurs composantes connexes (par ex. un sommet isolé). Cette même mesure est standardisée de la manière suivante par Beauchamp (1965) : . Cet indice varie entre 0 et 1 et peut être compris comme l'inverse de la distance moyenne entre un acteur i et tous les autres acteurs. Il vaut 1 lorsque l'acteur i est adjacent à tous les autres.

La centralité d'intermédiarité est basée sur l'idée du contrôle exercé par l'acteur sur les interactions entre deux autres acteurs. Lorsque deux acteurs ne sont pas adjacents, ils dépendent d'autres acteurs du groupe pour leurs échanges, en particulier des acteurs qui se trouvent sur le chemin entre eux et qui ont la capacité d'interrompre la circulation des ressources. Plus un acteur se trouve « au milieu », passage obligé sur des chemins que d'autres doivent emprunter pour se rejoindre, plus il est central de ce point de vue.

La centralité *d'intermédiarité* se mesure de la manière suivante : pour $i \neq j, k$. Cet indice représente la proportion des géodésiques entre j et k qui passent par i ; g_{jk} représente l'ensemble des géodésiques entre j et k ; $g_{jk}(i)$ est un chemin entre j et k passant par i . Cet indice vaut au minimum zéro, lorsque i ne tombe sur aucun géodésique. Son maximum est de $(g - 1)(g - 2)/2$. Cet indice atteint le maximum lorsqu'un acteur se trouve sur tous les géodésiques. Dans la mesure où sa valeur dépend à nouveau de g , on peut la standardiser de la même manière que précédemment : . Cet indice varie entre 0 et 1. Contrairement à l'indice du type *de proximité*, on peut le calculer même si le graphe n'est pas connecté, ce qui est un avantage.

Les indices basés sur les relations orientées (par ex. les liens de conseil dans une entreprise ou les relations d'import-export entre pays) se préoccupent souvent davantage des choix reçus, directement ou indirectement. Dans ce cas, pour les centralités de degré et de proximité, les mesures sont les mêmes que pour les graphes non orientés. L'extension du calcul de la centralité d'intermédiarité à des graphes orientés est plus problématique, parce qu'elle est basée sur le présupposé non justifié qu'une relation non orientée est une relation orientée dans laquelle tous les liens sont réciproques.

En revanche, il existe plusieurs mesures du prestige. Le nombre de choix reçus (*demi-degré intérieur* ou *indegree*) est la mesure la plus simple du prestige, puisqu'il permet de mesurer la proportion des acteurs qui choisissent l'acteur i . Plus cet indice est grand, plus l'acteur est populaire. Le prestige de degré prend seulement en compte les acteurs qui sont adjacents à i . On peut généraliser cet indice en définissant un « domaine d'influence de i » et utiliser une mesure du prestige appelée prestige par proximité, basée sur l'ensemble d'acteurs à la fois directement et indirectement reliés à i . Enfin, deux autres mesures du prestige, basées sur le statut ou le rang, introduisent l'idée que si un acteur est en relation avec des membres eux-mêmes prestigieux, cela augmente son propre prestige. Le fait d'être choisi par des acteurs prestigieux n'équivaut pas au fait d'être choisi par des acteurs marginaux ou périphériques. C'est le sens des mesures de la prééminence (*prominence*) Bonacich (1987) et de Burt (1982). Avec ces mesures, les liens indirects peuvent aussi bien diminuer qu'augmenter le prestige d'une unité. Par exemple, la prééminence (*prominence*, selon Burt, 1982) est mesurée par p_j où z_{ij} est la force ou l'intensité de la relation entre i et j pondérée suivant la méthode de Katz (1953) et sa conception de la distance sociale. z_{ij} vaut 1 si $i = j$, 0 si i ne peut pas rejoindre j , et $1 - (f_{ij}/N_i)$ si i peut rejoindre j . N_i est le nombre d'individus que i peut rejoindre quel que soit le nombre de ses choix ; f_{ij} est le nombre maximum d'individus que i peut rejoindre en faisant le minimum de pas qui

lui sont nécessaires pour rejoindre j .

Dans le cabinet d'avocats, ces scores de centralité se présentent sous la forme exposée dans le tableau 1.

Notons, par exemple, que l'associé no 13 est le plus populaire dans le réseau de conseil (34 citations), alors que c'est l'associé no 16 qui est le plus central du point de vue de l'intermédiarité. Dans l'analyse substantive de la structure relationnelle d'un système, ces différences méritent une interprétation. En fait, ces mesures sont souvent positivement corrélées (Bolland, 1988). Il n'y a pas de consensus sur la « meilleure » manière de mesurer l'« importance » d'un acteur. Cette question renvoie à la problématique sociologique générale de l'hétérogénéité des formes de statut social. Ce sont donc des considérations substantives qui rendent pertinent l'usage d'une mesure plutôt qu'une autre. Enfin, ces scores sont extrêmement importants dans la mesure où ils peuvent être utilisés comme variables indépendantes pour tester des hypothèses classiques en sociologie, par exemple pour voir si la position d'un acteur et son standing relatif dans la structure relationnelle sont associés à son comportement.

- **Tableau 1. – Scores de centralité des membres du cabinet d'avocats dans le réseau de conseil**

$$C_{c_i} = \frac{1}{\sum_{j=1}^g d_{ij}}$$

Les analystes de réseaux se sont en effet demandé si et comment ces mesures de la centralité représentaient une opérationnalisation de la notion de pouvoir (Marsden, 1982 ; Cook *et al.*, 1983 ; Markovsky *et al.*, 1988 ; Brass et Burkhardt, 1992 ; Mizruchi, 1994), c'est-à-dire dans quelle mesure un acteur pouvait *convertir* une position centrale, où il bénéficiait d'une forte concentration de ressources, en échanges avantageux, en accumulation de statut et en capacité de (re)définir les règles du jeu. Combinés aux mesures présentées plus loin, ces scores permettent d'explorer la nature de la hiérarchie, des différences de statut ou du système d'autorité de l'ensemble social étudié.

II. – Sous-groupes et cohésion

L'un des objectifs les plus importants de l'analyse de réseaux réside dans l'identification de sous-groupes cohésifs à l'intérieur d'un ensemble social. Un sous-groupe cohésif est un sous-ensemble d'acteurs entre lesquels on constate l'existence de relations fortes, intenses, directes et fréquentes. La notion de groupe étant très générale en sociologie, cela signifie qu'il existe plusieurs manières de définir ces groupes cohésifs (Freeman, 1995 ; Wasserman et Faust, 1994, chap. 7) et de mesurer leur cohésion.

À l'origine, la mesure de la cohésion du sous-groupe repose sur la comparaison entre la fréquence relative des relations entre membres d'un sous-groupe et celle entre membres et non-membres. Les sous-groupes basés sur la fréquence ou densité relative des liens entre membres existent parce que relativement plus cohésifs, comparé au reste du réseau. Pour une extension plus récente de cette

logique d'identification de sous-groupes cohésifs sans l'usage de critères fixes, voir Frank (1995). Aujourd'hui, de nombreux algorithmes existent pour identifier de tels sous-groupes (Borgatti *et al.*, 1990 ; Borgatti et Everett, 1999, in *Social Networks* et *Journal of Mathematical Sociology*).

Plusieurs propriétés générales de sous-groupes cohésifs ont influencé les formalisations de ce concept. On retiendra ici les trois principales :

1. la réciprocité des liens : les sous-groupes basés sur cette réciprocité des relations exigent que dans toutes les paires de membres des sous-groupes, ces membres se choisissent entre eux, ou soient adjacents ;
2. l'accessibilité (*reachability*) des membres d'un sous-groupe : les sous-groupes basés sur l'accessibilité exigent que tous les membres soient connectés, mais pas nécessairement adjacents ;
3. le nombre de relations entre membres, au sens où les sous-groupes basés sur le nombre de liens exigent que les membres du sous-groupe aient des liens avec « beaucoup » d'autres membres du groupe. Les définitions 2 et 3 relâchent progressivement l'exigence d'adjacence parmi les membres du sous-groupe.

Sous-groupes basés sur la réciprocité complète

– On est ici dans le domaine de ce que les analystes de réseaux appellent des *cliques*, définies par exemple comme le sous-graphe maximum complet de trois sommets ou plus. La clique consiste en un sous-ensemble de membres tous adjacents les uns aux autres. Les membres se « choisissent » tous entre eux. Les cliques peuvent se superposer : un membre peut appartenir à plusieurs cliques. Une clique est néanmoins une définition très stricte d'un sous-groupe cohésif. L'absence d'un seul arc peut empêcher un sous-graphe d'être une clique, ce qui est fréquemment le cas dans des réseaux dispersés. On a donc cherché une manière de relâcher la définition d'un sous-groupe cohésif. La première approche, historiquement la plus ancienne, est basée sur le diamètre du sous-groupe : c'est la *n-clique*. La seconde, plus récente, est basée sur le degré des sommets (le nombre de choix qu'ils opèrent, par exemple) à l'intérieur du sous-groupe : c'est le *k-plex*. Ces deux approches prennent la première définition (réciprocité des liens) et la libèrent d'une restriction spécifique.

Sous-groupes basés sur l'accessibilité et le diamètre

Beaucoup de processus sociaux, comme l'influence, la diffusion de l'information ou de l'innovation, ont lieu du fait qu'il existe des intermédiaires dotés de statut (ce que l'on appelle le *two-step flow*). Ce qui compte ici n'est donc pas que les membres soient adjacents, mais qu'ils soient accessibles les uns aux autres de manière rapide. La *n-clique* utilise cette idée. Elle est définie comme un sous-graphe maximal dans lequel la distance géodésique la plus grande entre deux sommets n'est pas plus grande que *n*. Une en est donc un sous-ensemble de membres qui ne sont pas éloignés les uns des autres de plus de *n* pas. Les *n-cliques* ont des propriétés intéressantes, dont certaines limitent leur utilité en tant que définition d'un sous-groupe cohésif. Par exemple, le chemin qui mène d'un membre de la clique à un autre peut passer par l'extérieur de la clique, et parfois même par aucun autre

membre de la clique. Le chercheur peut donc considérer que les n -cliques, en tant que moyens de définir des sous-groupes cohésifs, ne sont pas très restrictives. Sans introduire de restrictions supplémentaires, les n -cliques peuvent ne pas être aussi cohésives qu'on le souhaite. Les méthodologues ont proposé de nombreuses solutions à ce problème (important pour la compréhension de processus faisant intervenir des intermédiaires) (Wasserman et Faust, 1994).

Sous-groupes basés sur le nombre de membres adjacents

Certaines recherches exigent que l'on prenne en compte des informations supplémentaires sur les relations entre membres. Lorsque le phénomène étudié requiert une connaissance des liens directs, répétés, entre personnes (et même l'existence de plusieurs liens entre deux membres), une troisième définition du sous-groupe cohésif s'avère souvent utile. On revient ici aux liens directs, à l'adjacence entre membres. Cette approche est basée sur la définition d'un nombre minimum d'acteurs adjacents à tout membre du sous-groupe. On pose que, pour faire partie d'un sous-groupe, un acteur doit être directement relié à un nombre défini d'autres membres du sous-groupe. On joue donc sur le nombre de relations. On n'a plus besoin, comme dans la clique, que tous soient reliés à tous. On construit ici des sous-groupes cohésifs plus robustes et moins vulnérables que les n -cliques. Par vulnérable, on entend que si l'on enlève un membre de la n -clique, cette opération la supprime ; par robuste, on entend que si l'on enlève un membre du sous-groupe, cette opération ne modifie pas sa structure. Pour obtenir des sous-groupes cohésifs robustes, on dispose d'algorithmes appelés k -plex et k -noyaux (*k-cores*).

Pour les k -plex, le contraste avec les n -cliques est dû au fait que les n -cliques sont basées sur l'accessibilité en chemin de longueur n ; le k -plex est basé sur le nombre de membres directement adjacents au sommet S . Si $k = 1$, le sous-graphe est une clique. À mesure que k s'accroît, chaque membre acquiert le droit de ne pas être relié directement à une proportion croissante d'autres membres du groupe. Ce qui est délicat ici, c'est de choisir une valeur de k qui soit utile, c'est-à-dire que les sous-groupes qui en découlent soient à la fois intéressants et interprétables. Si la valeur de k est grande par rapport à la taille du sous-groupe, les k -plex seront assez peu denses (*sparse*). En pratique, il faut donc restreindre la taille des k -plex à des k qui ne sont pas trop petits par rapport au nombre de liens manquants tolérés. Pour les k -noyaux, on tient le raisonnement inverse : chaque membre du sous-groupe est adjacent au moins à un nombre k minimum de membres. Le k -plex spécifie le nombre de liens qui peuvent manquer, le k -noyau le nombre de liens qui doivent être présents avec d'autres membres du sous-groupe (Wasserman et Faust, 1994).

Dans les instruments de représentation graphique usuels, comme les classifications hiérarchiques ascendantes, les dendrogrammes exposent l'historique du processus de segmentation et d'agglomération qui va de l'extrême, où chaque acteur est une clique à lui tout seul, jusqu'à l'autre extrême où tous appartiennent à la même clique. Entre ces deux extrêmes, le chercheur choisit un seuil représenté par le niveau de cohésion exigé. Il n'y a pas vraiment de manière infaillible d'estimer la meilleure partition en cliques dans un réseau. Cependant, certaines procédures, comme celles de l'analyse des similitudes (Degenne et Vergès, 1973), permettent de systématiser et d'optimiser la recherche de ces sous-groupes cohésifs.

Lorsque l'on utilise l'un de ces critères fixes, les résultats des analyses de cliques peuvent se

présenter sous les formes suivantes. Tout d'abord, une liste de toutes les cliques superposables possibles dans le réseau de conseil du cabinet d'avocats, ici 437 cliques :

$$\sum_{j=1}^g d_{ij}$$

Cette liste est illisible en elle-même. On en dérive une matrice de coappartenance montrant à combien de cliques deux individus du réseau appartiennent en commun. Par exemple, l'individu 1 et l'individu 8 appartiennent ensemble à quatre cliques. La diagonale montre à combien de cliques l'individu i appartient.

$$C'_{C_i} = \frac{g-1}{\sum_{j=1}^g d_{ij}} = (g-1) C'_{C_i}$$

Pour identifier les sous-groupes, il est possible d'appliquer une classification hiérarchique sur cette matrice de coappartenance. D'autres méthodes, plus sophistiquées, peuvent aussi être utilisées (Wasserman et Faust, 1994).

Une association entre les informations apportées par les analyses de la centralité et celles de la cohésion est indispensable pour toute application concrète de cette démarche. Décrire et interpréter les caractéristiques des individus composant une clique spécifique, ainsi que les raisons de leur rassemblement, fait partie du travail de l'approche structurale. Pour cela, il faut le plus souvent revenir aux données brutes et à la connaissance ethnographique du terrain, afin de combiner les résultats de procédures d'analyse différentes. On peut ainsi se demander, par exemple, si les membres d'une clique donnée sont plutôt des individus centraux ou marginaux, ou bien constater qu'ils jouent le rôle de points de suture en rassemblant des individus que d'autres forces présentes dans le milieu social ont tendance, par ailleurs, à séparer (Lazega, 2001).

III. – L'équivalence structurale

Cette section sera plus longue que les autres, car elle décrit ce qui distingue l'approche néostructurale de la sociométrie classique, c'est-à-dire la raison pour laquelle la sociométrie s'appelle aujourd'hui « analyse de réseaux sociaux ». Une bonne compréhension de la notion d'équivalence structurale contribue à bien définir la relation entre position dans le réseau et statut social. De nombreuses méthodes de description des propriétés structurales des réseaux s'intéressent aux notions de position sociale et de rôle social. La production et la distribution des ressources circulant dans un système social fait, en effet, l'objet d'une division du travail. En termes de réseaux sociaux, ces notions se traduisent en procédures d'analyse des similarités structurales et des configurations de relations dans des réseaux multi- relationnels. Ces procédures, parfois très différentes, cherchent toutes à décrire, en fin de compte, la manière dont les structures font peser des contraintes sur leurs membres tout en leur offrant des opportunités.

On l'a vu, en termes d'analyse de réseaux, une *position* est un sous-ensemble d'individus intégrés

dans le réseau de manière relativement similaire. L'analyse identifie donc des sous-groupes d'acteurs qui ont des relations similaires avec d'autres acteurs. La position renvoie à un sous-ensemble d'acteurs, le rôle renvoie à une association de relations [3]. C'est Lorrain et White (1971) qui ont introduit l'idée d'équivalence structurale comme propriété mathématique de sous-ensembles de sommets dans un graphe. Deux acteurs sont structurellement équivalents s'ils ont des relations identiques avec les autres acteurs du réseau. Deux acteurs structurellement équivalents, s'ils existent, sont supposés être substituables dans le réseau. Un ensemble de tels acteurs constitue une position. L'équivalence structurale peut se calculer sur plusieurs réseaux, c'est-à-dire sur plusieurs relations. Les analyses de position et de rôle les plus intéressantes portent sur des bases de données multirelationnelles. White, Boorman et Breiger (1976) ont, les premiers, montré comment partitionner les réseaux en sous-ensembles d'acteurs individuels, alors que Boorman et White (1976) l'ont fait pour les collections de relations.

Reste que l'équivalence structurale, au sens qui vient d'être défini, est une propriété mathématique quasiment impossible à réaliser dans la vie sociale. Deux individus ne présentent jamais un profil relationnel identique : par exemple, ils n'ont pas exactement les mêmes amis ni les mêmes ennemis. L'équivalence structurale est donc le plus souvent approchée par des méthodes statistiques. Wasserman et Faust (1994) ramènent à quatre les principales tâches opérées par une telle analyse : 1/ l'adoption d'une définition formelle de l'équivalence, c'est-à-dire de la distance ou de la proximité entre acteurs ; 2/ une mesure du degré auquel des sous-ensembles d'acteurs s'approchent de cette définition de l'équivalence dans un réseau donné (puisque'il est en fait impossible pour deux acteurs d'être parfaitement structurellement équivalents) ; 3/ une représentation de l'équivalence, par exemple comme un ensemble de blocs reliés entre eux ; 4/ une évaluation de la qualité de cette représentation.

L'équivalence structurale est mesurée de plusieurs manières, dont deux sont les plus fréquentes. D'une part, au moyen de modèles catégoriques appelés *block-models* (Breiger *et al.*, 1975 ; White *et al.*, 1976 ; Arabie *et al.*, 1978), qui utilisent la corrélation comme détecteur d'équivalence. Les calculs de corrélation se font soit sur les lignes (choix émis), soit sur les colonnes (choix reçus), soit à la fois les lignes et les colonnes des matrices représentant les graphes étudiés, et sur plusieurs réseaux à la fois. D'autre part, par l'utilisation de la distance euclidienne (Burt, 1982). La question de savoir quel détecteur d'équivalence utiliser a suscité des polémiques (Wasserman et Faust, 1994). Du point de vue de l'application à des cas concrets, il vaut mieux considérer les deux techniques décrites ici comme des techniques de représentation exploratoires et inductives. La solution consiste à travailler avec les deux approches, d'utiliser au cas par cas les apports de l'une et de l'autre.

Ces deux techniques ont engendré plusieurs manières de partitionner les réseaux et de regrouper les acteurs en blocs ou positions. Historiquement, la première méthode de regroupement ou de partitionnement des acteurs en sous-groupes d'acteurs structurellement équivalents a été l'algorithme *concor* de White, Boorman et Breiger (1976 ; Boorman et White, 1976). Cette procédure repose sur le fait que le calcul répété de corrélations entre lignes ou/et colonnes d'une matrice résulte au bout d'un certain nombre d'itérations en une matrice faite uniquement de +1 et de -1. C'est pourquoi la procédure a été baptisée *convergence of iterated correlations*. Les valeurs émergent dans une configuration telle que les items corrélés peuvent être partitionnés en deux sous-ensembles. Après la convergence, il est possible de permuter les lignes et les colonnes de la matrice finale de manière à

obtenir une partition qui est un classement de ces acteurs maximisant les +1 sur une diagonale et les -1 sur l'autre. Chacun de ces sous-ensembles contient des acteurs qui ont des liens relativement semblables avec les autres acteurs du système. Cette bipartition initiale peut être répétée sur chaque bloc afin de produire une partition encore plus fine. En ce sens, *concor* peut être conçu comme une méthode de segmentation comparable à une classification hiérarchique à laquelle s'ajoutent, cependant, les permutations de lignes et de colonnes aboutissant à la description des relations entre blocs. Le résultat de ces opérations se présente souvent comme la matrice suivante (tableau 2 page suivante), sur laquelle la matrice originelle des relations de conseil entre membres du cabinet a été plaquée de manière à donner une idée de la densité des relations intra- et interblocs.

Dans ce réseau de conseil, les acteurs 1, 20, 22 et 26 sont donc considérés par *concor* comme structurellement équivalents. Leur bloc ou position tend à être davantage en relation avec celui des individus 2, 4, 9, 12, 15, 34, 29 et 17 qu'avec les autres blocs. Il n'est pas du tout en relation avec le bloc des individus 63, 59, 35, 50. Une fois ces blocs (ou sous-ensembles d'acteurs structurellement équivalents) reconstitués, il devient possible de passer au niveau structural et de « résumer » le réseau des relations entre acteurs individuels par les relations entre blocs ou positions. Cette étape de l'analyse permet de représenter les relations entre les positions elles-mêmes. On procède à cette représentation au moyen d'une table de densités (où les valeurs représentent la proportion des liens reliant les acteurs appartenant à la position colonne aux acteurs appartenant à la position ligne), d'une matrice-image et d'un graphe réduit.

Cependant, *concor*, dont la logique permet de saisir l'opérationnalisation de la notion d'équivalence structurale au sens de White, soulève plusieurs problèmes. Premièrement, la procédure qui partitionne

- Tableau 2. – La matrice des blocs de

$$C_{B_i} = \frac{\sum_{j < k} g_{jk} (i)}{g_{jk}} \text{ pour } i \neq j, k.$$

chaque sous-ensemble en deux sous-ensembles impose souvent une forme particulière à la partition finale. La bipartition peut être imposée par la procédure, pas nécessairement par la configuration des relations entre acteurs (Doreian, 1988). De plus, cet algorithme produit des résultats parfois arbitraires s'il ne s'accompagne pas de procédures permettant de trouver une partition « optimale » maximisant la densité des blocs. Un block-model est, comme son nom l'indique, un modèle, une hypothèse. L'analyse positionnelle doit ensuite déterminer dans quelle mesure une représentation mathématique des positions et des relations entre positions exprime fidèlement les données brutes décrivant le réseau. À ce jour, il n'y a pas de consensus entre méthodologues sur les indices statistiques évaluant la qualité de ce modèle (Wasserman et Faust, 1994, chap. 9, 10, 12 ; Batagelj *et al.*, 1992 ; Doreian *et al.*, 2005 ; Batagelj *et al.*, 1996).

Même si les blockmodels donnent l'illusion trompeuse de la simplicité, ils représentent malgré tout des propriétés structurales importantes que l'on interprète en utilisant les attributs des acteurs et la description des positions individuelles. Leur utilisation relève d'une démarche exploratoire.

Autrement dit, un bon block- model doit être dérivé d'une analyse exploratoire des données et être considéré comme une hypothèse à vérifier par des analyses statistiques du type de celles présentées au chapitre III. En effet, s'ils permettent de regrouper les acteurs, grâce à l'algèbre des relations, suivant leurs profils relationnels, et s'ils peuvent, sur un plan descriptif, identifier les correspondances entre regroupements d'acteurs (dont les profils relationnels sont « similaires ») par des attributs communs, ils ne sont pas conçus pour mesurer les effets relatifs des attributs et des comportements des acteurs sur la présence de relations.

On l'a mentionné plus haut, le concept d'équivalence structurale de Lorrain et White a aussi été opérationnalisé par des modèles basés sur une distance continue. Burt (1982) remplace ainsi les valeurs x_{ij} de la distance euclidienne par les mesures de l'intensité de la relation z_{ij} (voir plus haut le calcul de la prééminence). Contrairement à Concor, la méthode de Burt a l'avantage d'offrir des tests de fiabilité permettant d'évaluer l'hypothèse suivant laquelle plusieurs acteurs sont plus ou moins structurellement équivalents. Ces tests reposent sur le fait que des acteurs parfaitement équivalents devraient avoir des distances identiques vers tous les autres acteurs. Donc les distances vers des acteurs équivalents devraient être fortement corrélées. Deux types de mesures sont fournis pour la confirmation de l'hypothèse d'équivalence. La première est une mesure agrégée. Les acteurs sont équivalents dans la mesure où la matrice de covariance des distances vers eux est de rang 1. La seconde mesure indique la pertinence de la présence de chaque individu dans cet ensemble d'acteurs équivalents. Les distances des membres de cet ensemble vers un individu « candidat » à l'appartenance à cet ensemble sont corrélées avec les distances moyennes vers les autres ($M - 1$) membres du système. Dans la mesure où un individu est au centre de cet ensemble, cette corrélation de fiabilité sera proche de 1. L'acteur n'appartient pas à cette position si son indice de fiabilité est faible [4]. Cela permet donc d'associer un coefficient de fiabilité à la présence de l'acteur dans telle ou telle position. En fait, cette fiabilité indique dans quelle mesure l'acteur peut être considéré comme un représentant de la position. Comme dans toute construction utilisant des échelles, on cherche des acteurs pour lesquels cette fiabilité est beaucoup plus forte que celle obtenue pour les autres acteurs de l'ensemble d'équivalence considéré.

Il n'y a pas de seuil définissant *a priori* un niveau de fiabilité acceptable. Une fois obtenus des sous-ensembles d'acteurs que l'on peut dire – par abus de langage, on l'a vu plus haut – structurellement équivalents, on peut « résumer » le réseau de relations observées en représentant les relations entre positions. On passe ainsi du niveau micro au niveau macro. Cela s'accomplit par la construction d'une table de densité, où la case ZAB est la force moyenne de la relation entre les acteurs de l'ensemble d'équivalence A avec les acteurs de l'ensemble d'équivalence B. Cette table de densité est transformée en matrice-image simplifiée par une simple dichotomisation à l'aide d'un seuil. Cette matrice-image est beaucoup plus facile à représenter graphiquement que le réseau de départ.

Le tableau 3 représente les résultats des analyses de l'équivalence structurale dans le réseau de conseil du cabinet d'avocats sous forme de table de densité et de matrice-image de cette table. Grâce à la méthode de Burt, il est possible d'identifier 11 positions d'avocats bien distinctes.

La valeur de la case i, j est la relation moyenne d'un individu occupant la position I avec un individu occupant la position J. La relation moyenne entre deux individus dans le réseau est 0,302. La matrice-image de cette table de densité est présentée ci-dessous. Elle est obtenue en dichotomisant la table de

densité au moyen du critère de cette relation moyenne entre deux individus – résiduels non compris. D'autres matrices-images peuvent et doivent être essayées pour l'interprétation de cette table de densité. La catégorie que Burt appelle (sans justification) « résiduelle » regroupe les acteurs dont le profil relationnel ne ressemble à celui de personne d'autre. Il arrive que les membres de cette catégorie soient des individus très importants dans le système d'interdépendances, dont il faut examiner de près le réseau, le pouvoir et le rôle. Il est utile aussi de savoir quelle est la position qui a « perdu » chacun de ces individus tombés dans la catégorie des « résiduels ».

- Tableau 3. – Table de densité pour le réseau de conseil représentant les relations entre positions

$$C'_{B_i} = \frac{C_{B_i}}{\frac{(g-1)(g-2)}{2}}$$

Indépendamment du nombre d'individus dans chaque position, les positions et leurs relations créent une structure complexe. La matrice-image est représentable par une figure graphique plus parlante, la figure 3 (page suivante), offrant une vue d'ensemble de ces relations entre positions d'acteurs structurellement équivalents.

On peut aussi étudier et représenter dans l'espace l'équivalence entre acteurs en utilisant un modèle continu comme le Multidimensional Scaling (mds) appliqué à une matrice de similitude des profils relationnels. Son application aux réseaux sociaux date des travaux de Breiger *et al.* (1975). Cette méthode consiste à représenter des similarités (ou des dissimilarités) entre acteurs, de manière que les acteurs structurellement équivalents soient proches les uns des autres dans l'espace. Dans cette représentation, les résultats ne sont pas des sous-ensembles exclusifs et exhaustifs comme dans concor. Combinée avec des scores de centralité, cette représentation permet souvent de décrire un ordre partiel ou la stratification du système social ; combinée avec des méthodes de classification, elle permet de retracer les contours de « niches écologiques » (McPherson, 1983).

- Fig. 3. – Relations entre positions d'acteurs approximativement structurellement équivalents dans le réseau de conseil des avocats du cabinet

$$p_i = \sum_j \frac{z_{ij}}{\sum_k z_{jk}} p_j p_j \text{ où } z_{ij}$$

Lecture : les positions représentées par un rectangle sont des positions composées principalement d'associés ; les positions représentées par des ellipses sont des positions composées principalement de collaborateurs. Les positions ombragées sont celles qui ont au moins une position concurrente parmi les autres positions ombragées de même statut. Les branches épaisses représentent des relations de conseil réciproques. La position Un correspond au « noyau dur » du cabinet, composé d'associés de Boston, toutes spécialités. La position Deux rassemble les « pièces rapportées » de spécialité *corporate* des deux bureaux principaux. La position Trois est celle des « associés

corporate de Hartford ». La position Quatre correspond aux « associés *litigators* de Hartford ». La position Cinq est celle des « coordinatrices » du secteur litigation à Boston. La position Six regroupe les « conseillers universels » du cabinet, tous *litigators* de Boston. La position Sept rassemble un groupe de collaborateurs *litigators* de Boston appelés les *boys*. La position Huit est celle des collaborateurs les plus juniors du cabinet, tous *litigators* de Boston, appelés les « débutants ». La position Neuf correspond aux « collaborateurs *litigators* de Hartford ». La position Dix est celle des « collaborateurs périphériques », plutôt des latéraux de spécialité *corporate*. La position Onze est celle des « collaborateurs *corporate* atypiques de Boston ». La catégorie des acteurs « résiduels » (*i. e.* ayant un profil relationnel qui ne ressemble à celui de personne d'autre) n'apparaît pas dans cette figure. L'analyse se doit de décrire et d'interpréter chaque position et ses relations avec les autres. Pour l'analyse complète de cette figure, on peut se reporter à Lazega (2001).

Enfin, notons que la différence entre cohésion et équivalence structurale n'est pas toujours évidente (Borgatti et Everett, 1992). Une clique est une position, une position n'est pas toujours une clique. Ainsi, les positions de la table de densité qui se trouvent sur la diagonale sont des cliques si la densité est élevée (ce qui est souvent le cas) ; elles constituent alors ce que l'on peut appeler des « blocs de solidarité » ou des « niches sociales » (Lazega, 2001). Mais une position hors diagonale ne peut, par définition, être une clique.

IV. – Représenter un système d'échange généralisé et multiplexe

Pour introduire davantage de réalisme et d'envergure dans la cartographie et l'analyse des interdépendances et des échanges entre membres, il est utile de rappeler que des procédures comme la détection d'acteurs structurellement équivalents peuvent se généraliser à des bases de données multirelationnelles (dites « multiplexes ») et s'appliquer à *plusieurs réseaux de relations dans un même ensemble social*. Harrison White et ses étudiants n'envisageaient d'analyse de réseaux sociaux réellement productive qu'avec des données multiplexes (1976). L'analyse des relations multiples entre toutes les paires d'acteurs procure une meilleure connaissance de la structure relationnelle du système social étudié, une meilleure mise à plat synthétique du système d'échange. Elle exige cependant une mesure séparée de chaque réseau (ressource) et des analyses séparées, puis conjointes, de ces différents réseaux. Cette série d'opérations est particulièrement utile aux sociologues qui cherchent à détecter l'existence de systèmes d'échanges plus ou moins généralisés – mettant en jeu des trocs de plusieurs ressources – ou à comprendre dans toute leur complexité les formes de solidarité et de discrimination sociales dans leurs dimensions micro, méso et macro (Lévi-Strauss, 1949 ; Ekeh, 1977 ; Bearman, 1997 ; Breiger et Ennis, 1997 ; Lazega et Pattison, 1999).

À titre d'illustration, la figure 4 est basée sur une analyse de l'équivalence structurale (approximation utilisant la distance euclidienne et la transformation en *z*_{ij} présentée plus haut) dans trois réseaux superposés du même cabinet : le réseau de collaboration, de conseil et d'« amitié ». Cette structure a été analysée ailleurs comme la représentation d'un système d'échanges généralisé et multiplexe (Lazega, 2001). L'existence d'un tel système dans ce cabinet est suggérée par des analyses statistiques au niveau dyadique (du type de celles présentées au chap. III), montrant de nombreux

effets de densité et peu d'effets de réciprocité directe dans chacun des trois réseaux (Lazega et Van Duijn, 1997). S'il y a bon nombre d'échanges et que peu de ces échanges sont directs, on peut s'attendre à l'existence de cycles caractéristiques de l'échange généralisé au sens classique. Cependant, rester au niveau dyadique est particulièrement frustrant lorsque l'on cherche à comprendre la manière dont les échanges fonctionnent avec plusieurs ressources simultanément. Un tel système est notamment rendu possible par la confiance des membres dans l'institution garantissant le fait que des apports de ressources amèneront, un jour ou l'autre et d'une manière ou d'une autre, des contributions en retour. Les formes d'échange social observées reflètent l'interdépendance des réseaux différents, malgré que chacun d'entre eux soit caractérisé par des échanges de même nature ou soit en quelque sorte le lieu où se résolvent des problèmes de coopération spécifiques. Pour les besoins de notre illustration, nous sommes davantage intéressés par la circulation de ces trois ressources au niveau structural. La figure 4 (page 68) procure une vue d'ensemble de ce type.

En résumé, les trois réseaux superposés sont constitués de neuf positions d'acteurs approximativement structurellement équivalents. Les asymétries dans les transferts de ressources, ainsi que les dépendances qu'elles représentent, créent un système dans lequel les positions I, II et III sont des positions d'associés, les autres de collaborateurs. Les arcs gris représentent les relations de conseil entre positions, réciproques lorsque le trait est épais. De fait, ces relations réciproques constituent l'ossature structurale de cette organisation : trois positions d'associés et leurs plus anciens collaborateurs, vers qui convergent les demandes de conseil. Les arcs noirs représentent les relations de collaboration, et les arcs en tirets, les relations d'« amitié ». De nombreuses relations entre positions ne sont pas symétriques, indiquant l'existence de transferts de ressources plus que d'échanges. La position I, par exemple, est le groupe dominant d'associés du contentieux de Boston. Elle échange les trois types de ressources avec les positions II et V et ne compte sur aucune autre position pour de la réciprocité indirecte. Plusieurs positions lui sont directement redevables de ses conseils et de sa collaboration.

Des cycles courts, locaux et multiplexes, caractéristiques de certains types de systèmes d'échange généralisés, apparaissent dans ce cabinet. En partie, cela est dû au fait que les collaborateurs ne sont que très rarement sollicités comme conseillers. Ils sont plutôt en position de devoir s'acquitter de leur dette sous forme de reconnaissance de statut et de travail intensif. Cette réciprocité ne bénéficie pas nécessairement de manière directe aux sources de conseil. Par exemple, la position VIII reçoit du conseil de la position III. Mais elle n'est qu'indirectement engagée dans des relations de collaboration avec la position III, par l'intermédiaire des « contre-maîtres » de la position VI. Un tel système d'échange fait circuler plusieurs ressources à la fois dans le cabinet. Il contient des statuts plus ou moins locaux et congruents, des solidarités, des interdépendances, des rapports de force, des équilibres partiels et des sentiments d'injustice (éprouvés par différentes catégories de membres), qu'il serait trop long d'analyser ici. Il n'est pas exagéré d'affirmer qu'il témoigne de régularités suffisamment stables dans les relations directes et indirectes entre membres pour constituer un contexte coordonnant leurs actions.

La plupart de ces positions d'acteurs approximativement structurellement équivalents sont aussi très cohésives (détectables sur la diagonale des tables de densité). Ce sont des niches sociales dont la construction et l'entre-tien donnent une dimension sociale à la rationalité de l'acteur (Lazega, 2003). Ces niches sociales n'ont donc de sens que dans un système de niches, ce qui les distingue des

cliques.

Enfin, l'analyse de la « multiplicité » ou de la polyvalence des relations dans la vie sociale consiste à examiner conjointement les réseaux multiples au sein d'une même population pour identifier des recouvrements et des interactions entre ces réseaux, et donc des structures d'interdépendances complexes. L'examen de la multiplicité peut se faire au niveau local (dans le voisinage de l'acteur), à l'échelle dyadique, triadique, ou supérieure si l'on dispose de suffisamment de données, puis au niveau plus « structural », à l'échelle du collectif dans son ensemble (White *et al.*, 1976). Le passage que les blockmodels whitiens opèrent de l'individu à la dyade, puis de la dyade au niveau structural ou collectif, permet d'identifier des catégories de rôles endogènes, une sorte de division du travail « émergente » par rapport à celle qui est « prescrite » [5] dans un milieu social organisé. Le chapitre III se concentre sur le niveau local et sur les extrapolations à la structure d'ensemble (par exemple celle des blockmodels) à partir des régularités observées à ce niveau local. Dans leur forme la plus générale, les modèles présentés au chapitre III expriment la probabilité d'émergence de la structure d'un réseau multirelationnel (*i. e.* multiplexe) au moyen de paramètres statistiques associés à des sous-structures particulières.

- Fig. 4. – Cartographie des relations entre positions d'acteurs approximativement structurellement équivalents dans trois réseaux superposés de relations (conseil, collaboration et amitié) entre les avocats du cabinet

Acteur	Demi-degré extérieur	Demi-degré intérieur	Demi-deg.ext. normalisé	Demi-deg.int. normalisé	Proximité	Intermédia- rité	Interméd. normalisée	Centralité de Bonacich
1	3	22	4,29	31,43	119	42,67	0,88	3
2	7	23	10,00	32,86	116	48,75	1,01	7
3	7	8	10,00	11,43	139	24,02	0,50	7
4	17	19	24,29	27,14	114	64,65	1,34	17
5	4	17	5,71	24,29	124	21,42	0,44	4
6	0	21	0,00	30,00	120	0,00	0,00	4
7	4	6	5,71	8,57	142	6,42	0,13	4
8	2	13	2,86	18,57	132	1,01	0,02	2
9	3	14	4,29	20,00	131	3,14	0,06	4
10	7	12	10,00	17,14	128	22,89	0,47	8
11	5	19	7,14	27,14	123	81,04	1,68	7
12	20	20	28,57	28,57	113	187,86	3,89	20
13	16	34	22,86	48,57	100	212,23	4,39	17
14	14	16	20,00	22,86	128	59,60	1,23	14
15	10	20	14,29	28,57	117	69,75	1,44	11
16	27	20	38,57	28,57	106	386,32	8,00	28
17	21	26	30,00	37,14	109	379,43	7,86	24
18	5	11	7,14	15,71	140	26,43	0,55	5
19	30	11	42,86	15,71	109	164,99	3,42	31
20	11	22	15,71	31,43	115	55,05	1,14	13
21	11	22	15,71	31,43	118	61,51	1,27	13
22	12	23	17,14	32,86	112	121,31	2,51	12
23	9	8	12,86	11,43	128	25,97	0,54	9
24	22	26	31,43	37,14	104	249,48	5,17	25
25	8	10	11,43	14,29	133	15,36	0,32	9
26	24	37	34,29	52,86	94	320,84	6,64	26
27	21	9	30,00	12,86	113	59,20	1,23	21
28	27	22	38,57	31,43	109	298,08	6,17	28
29	13	17	18,57	24,29	121	38,57	0,80	15
30	17	20	24,29	28,57	114	361,82	7,49	19
31	18	15	25,71	21,43	116	131,82	2,73	18
32	11	19	15,71	27,14	120	94,37	1,95	16
33	17	7	24,29	10,00	119	41,68	0,86	17
34	6	25	8,57	35,71	114	37,87	0,78	16
35	18	13	25,71	18,57	118	76,06	1,57	20
36	7	10	10,00	14,29	124	12,22	0,25	9
37	3	4	4,29	5,71	144	69,91	1,45	5
38	6	17	8,57	24,29	123	16,13	0,33	10
39	14	17	20,00	24,29	121	353,59	7,32	16
40	8	25	11,43	35,71	118	44,64	0,92	12
41	21	22	30,00	31,43	110	239,22	4,95	24
42	25	4	35,71	5,71	114	54,45	1,13	25
43	14	10	20,00	14,29	123	48,12	1,00	15
44	6	0	8,57	0,00	152	0,00	0,00	6
45	10	8	14,29	11,43	127	24,87	0,51	12
46	7	9	10,00	12,86	136	28,58	0,59	10
47	5	1	7,14	1,43	148	10,11	0,21	6
48	17	4	24,29	5,71	125	21,56	0,45	18
49	9	9	12,86	12,86	134	4,48	0,09	9
50	10	11	14,29	15,71	123	45,57	0,94	15
51	23	2	32,86	2,86	119	29,80	0,62	23
52	13	13	18,57	18,57	121	23,23	0,48	15
53	4	4	5,71	5,71	147	1,55	0,03	6
54	14	9	20,00	12,86	127	43,06	0,89	15
55	22	8	31,43	11,43	115	71,68	1,48	22
56	20	10	28,57	14,29	116	160,01	3,31	21
57	12	11	17,14	15,71	131	89,67	1,86	14
58	12	4	17,14	5,71	131	27,10	0,56	12
59	9	2	12,86	2,86	148	110,19	2,28	9
60	12	7	17,14	10,00	130	117,76	2,44	13
61	3	1	4,29	1,43	172	0,50	0,01	3
62	10	4	14,29	5,71	131	35,80	0,74	10
63	12	2	17,14	2,86	142	4,33	0,09	12
64	8	10	11,43	14,29	127	40,78	0,84	14
65	25	7	35,71	10,00	113	117,29	2,43	25
66	26	2	37,14	2,86	116	12,39	0,26	26
67	16	3	22,86	4,29	137	4,84	0,10	16
68	10	5	14,29	7,14	136	4,41	0,09	12
69	12	3	17,14	4,29	137	5,17	0,11	12
70	7	5	10,00	7,14	133	12,29	0,25	11
71	13	2	18,57	2,86	143	1,09	0,02	14

V. – Contraintes structurales, trous structuraux et autonomie de l'acteur

Comme le suggéraient déjà les mesures de la centralité, l'analyse structurale peut être développée dans un nombre indéfini de directions pour opérationnaliser des concepts abstraits. Ce chapitre se termine donc avec un exemple d'usage créatif de ce type de technique, fourni par les mesures d'autonomie et de contrainte structurales de Burt (1982, 1992, 2005), elles-mêmes s'inscrivant dans une approche plus générale de l'intermédiarité (Fernandez et Gould, 1989).

La description de structures relationnelles, on l'a vu, cherche, entre autres, à rendre compte des contraintes que la structure fait peser sur le comportement des acteurs, de la manière dont les acteurs gèrent ces contraintes et des processus de restructuration qui peuvent en résulter. De ce point de vue, il n'est pas déraisonnable de penser que la structure d'un système fait peser sur certains acteurs davantage de contraintes relationnelles que sur d'autres. Du même coup, elle donne davantage d'opportunités et de « revenus » (en différentes ressources) à certains membres qu'à d'autres. La structure relationnelle peut procurer du pouvoir, on l'a vu avec la centralité comme mesure de concentration de ressources. Mais elle peut aussi offrir certaines formes (plus ou moins « lucratives ») d'autonomie. Burt (1991, 1992) a proposé la mesure suivante de l'autonomie de l'acteur.

On peut penser que les relations d'un acteur peuvent d'autant plus limiter sa liberté de manœuvre qu'elles sont reliées entre elles. On appelle *densité proportionnelle* la densité du sous-réseau d'un acteur. Sur la base de ce principe, Burt mesure la contrainte imposée par un alter i sur l'acteur j comme fonction des interactions directes entre i et j et de la force avec laquelle j est lié à d'autres contacts q du réseau de i . La contrainte vient de ce que l'acteur ne peut pas remplacer la personne avec laquelle il est en relation, avec laquelle il traite ou interagit. L'autonomie signifie donc avant tout la capacité de substituer une relation à une autre, d'avoir une alternative relationnelle. Un *score d'autonomie* peut donc être attribué à chaque acteur, puisque l'on peut compter, notamment, le nombre de contacts non redondants de chacune de ses relations ou ensemble de relations. Contrairement aux mesures de prééminence qui cherchent à voir qui peut dominer qui, les mesures d'autonomie cherchent à voir qui a la possibilité de ne pas se laisser confiner ou « coincer » dans une relation incontournable. Par exemple, qui peut négocier sa liberté en jouant les contraintes les unes contre les autres ou en essayant de mettre les contacts contraignants en concurrence l'un avec l'autre.

À une grande autonomie, Burt associe, sous certaines conditions, davantage d'opportunités de contrôle de ressources circulant dans le réseau. De ce point de vue, plus un acteur est autonome (*i. e.* moins la contrainte globale que le réseau fait peser sur lui est forte), plus il est en position de bénéficier d'opportunités riches en revenus de toutes sortes (notamment en information et en contrôle), en devenant un intermédiaire indispensable à d'autres acteurs eux-mêmes sans alternatives. Cette première mesure est donc complexifiée par la question de savoir si l'acteur autonome est aussi en position d'intermédiaire, et si possible entre positions désorganisées. Son « capital social » ne peut le « porter » et lui « rapporter » que s'il a des relations avec des alter qui ne sont pas organisés et ne peuvent pas le contourner, comme dans une structure d'oligopole. L'acteur est fortement ou

faiblement contraint si ses relations sont organisées entre elles ou non. Plus j'ai d'alter « non redondants » dans mon réseau, plus mes relations sont uniques, plus j'ai de chances d'être paralysé par la structure (*aggregate constraint*). Plus je suis relié à des acteurs non reliés entre eux, plus je suis intermédiaire entre positions non centralisées, plus il y a de « trous structureaux » (d'absence de relations entre positions) dans le réseau et plus je peux bénéficier des opportunités offertes par ces absences de relations. Burt (1992) montre qu'à investissement relationnel égal les acteurs insérés dans des réseaux à faible contrainte bénéficient de retombées supérieures à celles d'acteurs placés dans des réseaux à plus forte contrainte, par exemple de promotions plus rapides dans l'organisation. Cette mesure devient donc une mesure d'inégalités sociales plus ou moins invisibles engendrées par la structure d'un milieu fortement concurrentiel.

Pour Burt, la densité proportionnelle vaut :

$$p_{ij} = (\sum_j \sum_q \delta_{jq}) / N(N-1), j \neq q$$

où δ_{jq} est égal à 1 si z_{ij} n'est pas égal à zéro. Le niveau de contrainte qu'un alter j peut faire peser sur ego i est donné par l'indice :

$$c_{ij} = (p_{ij} + [\sum_q p_{iq} p_{qj}]) / 2 O_j, q \neq i, j$$

où p_{ij} renvoie à la densité proportionnelle définie plus haut, et O_j à une mesure de l'organisation (centralisation et hiérarchie) des acteurs appartenant au même sous-ensemble que j de sorte qu'il serait difficile de remplacer j par un autre membre du sous-ensemble si j et les autres membres sont fortement reliés. La mesure de O_j varie en fonction des données disponibles. La mesure de contrainte spécifique que j fait peser sur i résulte de l'investissement que i doit fournir pour atteindre j et du « manque » de trous relationnels autour de j . Moins le sous-réseau de j est organisé, plus il a de trous relationnels dont il peut bénéficier, mais moins i dépend de lui. La contrainte agrégée sur i est la somme des contraintes provenant de ses relations avec chacun de ses contacts (Burt, 1992) : $c_i = \sum_j c_{ij}$. Notons cependant que lorsque le réseau est très grand, l'indice c_{ij} tend à perdre de sa qualité discriminante.

Cette approche prend une dimension authentiquement stratégique lorsqu'elle utilise le repérage des contraintes et des sources de contraintes pour essayer de prédire vers où les acteurs vont diriger leurs mécanismes de défense (entre autres, la cooptation) face à ces contraintes. Par exemple, une entreprise ne coopte pas des fournisseurs désorganisés puisqu'elle peut profiter de leur désorganisation. Elles ne cooptent que les fournisseurs en position de force, qui peuvent exercer des contraintes sur elles (Burt, 1995). Plus récemment, cette analyse de la relation entre contrainte et rendements du « capital social » des acteurs a fait l'objet de complexifications redonnant une place plus importante à la cohésion sociale (Burt, 2005) et aux contraintes sociotechniques liées à la nature des tâches (routinières ou non routinières) accomplies par les acteurs (Comet, 2007 ; Lazega, 2001).

Pour clore ce chapitre, insistons sur le fait qu'une fois décrites, ces structures relationnelles peuvent être comprises comme un contexte d'action parce qu'elles permettent d'associer – intuitivement ou statistiquement, mais de manière non déterministe et coévolutive – la position d'un acteur dans ces structures avec leurs comportements. Les interdépendances sont toujours multiplexes, multilatérales et multiniveau. C'est donc dans cet esprit que la recherche en analyse de réseaux sociaux est la plus

productive pour toutes les théories sociologiques centrées sur l'échange social et les processus sociaux examinés sous l'angle relationnel. L'analyse construit des variables utilisables par des analyses multivariées standard, multiniveau et – c'est en partie l'objet du chapitre suivant – dynamiques. Les techniques d'analyse et de représentation de données relationnelles présentées dans ce chapitre sont essentiellement descriptives, inductives, exploratoires. Elles ne sont pas fondées sur des tests probabilistes exigeant la spécification de modèles à justifier en théorie. Le chapitre suivant présente un aperçu de quelques développements des approches statistiques qui cherchent à introduire une dimension plus déductive dans le raisonnement.

Notes

[1] Il s'agit cependant d'un indicateur délicat à manier. Friedkin (1981) a aussi montré qu'il s'agit d'un indicateur problématique lorsque le système social étudié est segmenté en sous-groupes bien distincts, et que les comparaisons entre densités de réseaux de tailles différentes peuvent prêter à confusion.

[2] Freeman (1979) dérive de ces scores une mesure générale de la centralisation du système lui-même, qui reflète la variabilité des scores individuels (Snijders, 1981).

[3] Il n'y a pas ici de consensus sur le langage. L'usage que fait Burt (1982) de la notion de position est particulier: pour lui, une position est un ensemble de relations, non pas d'acteurs, qui viennent et partent d'un acteur. C'est ce que White, Boorman et Breiger (1976) appellent *role set* et se rapproche du terme rôle ici même, en particulier dans le contexte des rôles individuels.

[4] La fiabilité est comprise ici comme la corrélation entre, d'une part, les distances entre un acteur i et tous les autres membres du système et, d'autre part, la distance moyenne entre tous les membres du système et les autres acteurs avec lesquels i occupe conjointement la même position. Les acteurs occupant une position définie par un critère d'équivalence structurale forte ont des fiabilités proches de 1. Une fiabilité faible indique que l'acteur n'est en fait pas (approximativement) structurellement équivalent aux autres acteurs occupant cette position.

[5] Pour les lecteurs sociologues, il est utile de mentionner que l'on trouve peut-être dans ce constat le fondement du conflit qui a opposé Harrison White et Talcott Parsons.

Chapitre III

Quelques développements en statistique de réseaux

Positionner avec rigueur les acteurs dans la structure sociale pour expliquer les différences ou inégalités dans l'accès à des ressources requiert un examen de ce qui détermine les choix sociométriques opérés par les acteurs, notamment en utilisant les *attributs* de ces acteurs – que ces attributs soient micro-, méso- ou macrosociaux. Analyser, le cas échéant, l'évolution de ces positionnements avec les actions individuelles et collectives – c'est-à-dire les comportements, croyances, choix relationnels et normatifs, etc. – requiert aussi des méthodes spécifiques. C'est pourquoi la statistique de réseaux est une composante importante – mais en plein développement – de la méthode structurale. Le réel savoir-faire sociologique en analyse de réseaux sociaux consiste à travailler conjointement en bases acteurs (individus, organisations, etc. et leurs attributs et comportements) et en bases relations.

Or, l'utilisation de données relationnelles comme variables dans des modèles statistiques pose des problèmes spécifiques. Lorsque les variables engendrées au moyen des analyses présentées plus haut (scores de centralité ou d'autonomie, appartenance à tel bloc, etc.) sont utilisées comme variables *indépendantes*, c'est le problème de la *colinéarité* qui doit attirer l'attention du chercheur. Ce problème se pose, par exemple, lorsque plusieurs scores de centralité sont introduits ensemble dans une équation de régression cherchant à expliquer un comportement par la position dans la structure relationnelle. Ces scores peuvent représenter différentes mesures, la centralité dans le même réseau ou la même mesure dans plusieurs réseaux différents au sein d'un même ensemble social. La corrélation entre ces scores est parfois très élevée, ce qui nuit à l'estimation des paramètres. Des tests de colinéarité sont donc nécessaires. Il faut donc souvent choisir entre plusieurs variables trop fortement corrélées entre elles.

Les données relationnelles peuvent aussi être utilisées comme variables *dépendantes*. C'est le cas lorsqu'on cherche à expliquer pourquoi certains acteurs ont plus facilement accès à davantage de ressources, ou à identifier les critères qu'ils utilisent pour choisir ou trier leurs relations. Cela revient à se demander quelle est l'influence du système d'interdépendance déjà là ainsi que de plusieurs dimensions formelles de la structure d'un système social (origine sociale, niveau d'éducation, statut, appartenances associatives, spécialité, lieu de travail, genre, autres attributs) sur les choix relationnels observés, comme par exemple les choix de conseillers par les membres du cabinet d'avocats. Il s'avère que dans une organisation, la structure formelle, destinée à coordonner l'action collective, reflète et reproduit des différences et des inégalités. En particulier, elle offre ou non aux membres l'occasion de profiter individuellement de leur position ou de se créer un nouveau réseau de relations qui peuvent systématiquement procurer des avantages concurrentiels relativement invisibles (Burt, 1992 ; Lazega et Van Duijn, 1997).

Vérifier cette hypothèse d'influences sur les choix relationnels pose le problème de l'*absence d'indépendance des observations*. Cette indépendance est une condition importante de l'efficacité des statistiques traditionnelles. Mais le fait de choisir Pierre comme ami n'est pas nécessairement indépendant du fait de choisir également Paul, les deux pouvant eux-mêmes être des amis. La présence d'une relation engage au moins trois individus, ce qui conduit à toutes sortes de dépendances entre les observations (voir par ex. Frank et Strauss, 1986 ; Krackhardt, 1988 ; Wasserman et Faust, 1994 ; Snijders, 1995 ; Snijders et Van Duijn, 1997 ; Snijders *et al.*, 2007 ; Wasserman et Pattison, 1999 ; Van Duijn *et al.*, 2004). Ces dépendances compliquent l'analyse statistique des relations sans qu'un modèle probabiliste général (*i. e.* une définition fondamentale, valable partout, de ce qu'est un réseau « au hasard ») n'ait encore été trouvé – s'il existe – pour maîtriser de manière tout à fait fiable les inférences dans de telles conditions (en particulier des petites populations qui n'obéissent pas à la loi des grands nombres).

Les statisticiens de réseaux dont nous présentons le travail ici [\[1\]](#) gèrent ce problème en le retournant : ici, c'est précisément la dépendance entre les différentes observations – au niveau dyadique, triadique et d'ordre plus élevé – qui est identifiée et modélisée (Snijders, 1996 ; Pattison and Robins, 2002). C'est parce qu'il y a dépendances locales entre relations que certaines configurations de relations sont conçues comme plus structurantes que d'autres (Lusher & Robins, 2013). L'existence d'une relation est appréhendée par son insertion dans un système social particulier, artificiellement représenté et synthétisé par un réseau social « complet » (Eloire *et al.*, 2011). L'idée générale de la modélisation des relations comme variables dépendantes est d'endogénéiser l'effet de caractéristiques structurales du réseau sur l'explication d'une variable de ce même réseau (comment le lien crée du lien). Par exemple, de prédire la fermeture d'une triade en une sous-structure cyclique en estimant la probabilité d'existence du lien (entre deux acteurs) qui accomplit cette clôture (par exemple pour vérifier l'existence d'un processus social fondamental théorisé par l'anthropologie : la réciprocité indirecte ou la solidarité au sens de l'échange généralisé de Claude Lévi-Strauss).

Toute une série de modèles statistiques tenant compte de cette spécificité des données de réseau a été développée, en particulier depuis les années 1980, partant du modèle dit *p1* de Holland et Leinhardt (1981) jusqu'à la famille de modèles contemporains appelés *Exponential Random Graph Models* (ERGM) qui décomposent le réseau en dyades, triades et sous-structures d'ordre supérieur auxquelles ils associent des paramètres statistiques permettant de mieux comprendre le système d'action individuelle (localement) et collective (par extrapolation de la connaissance des dépendances locales entre relations à la structure de l'acteur collectif dans son ensemble). Cette idée se base sur le postulat de Holland et Leinhardt (1976) selon lesquels on peut comprendre les mécanismes et processus en jeu dans un réseau en s'intéressant uniquement aux structures locales, dans la mesure où ces dernières sont dépendantes entre elles. Or, comme le montrent Besag (1974) et Frank et Strauss (1986), la prise en compte de la dépendance de structure permet de réduire l'ensemble des graphes possibles conditionnellement aux structures – ou configurations – spécifiées. C'est cette spécification qui est au cœur de la modélisation décrite dans ce chapitre.

Le pari commun à ces modèles est qu'ils aident à tester des hypothèses sur le passage des contextes locaux (le voisinage de l'acteur) à la morphologie globale du système (la structure relationnelle du réseau dans son ensemble). Même si ce passage n'est jamais mécanique, ce pari est utile pour

comprendre la manière dont les acteurs défendent leurs intérêts régulateurs (Lazega, 2001, 2012). Ici, les sous-structures sont des indicateurs de l'existence de processus endogènes locaux caractérisant non pas l'acteur collectif, mais les interactions locales et échanges entre acteurs individuels et leur voisinage direct et indirect. Parmi les sous-structures ou configurations relationnelles qui contribuent à définir les opportunités et les contraintes des acteurs, certaines sont les interdépendances les plus structurantes, et ce sont elles que les modèles recherchent pour leur associer des paramètres statistiques robustes et fiables.

Par sous-structures, on entend une configuration spécifique de relations entre un petit nombre de membres, par exemple une dyade d'acteurs reliés par une relation de travail mutuelle, ou une triade dont deux membres sont reliés par un lien de conseil réciproque et le troisième par une relation d'amitié avec l'un des deux précédents. La combinatoire des échanges sociaux de ressources hétérogènes que l'on peut trouver dans ce type de structure est si complexe que l'intérêt d'une simplification statistique apparaît de manière évidente. L'un des présupposés de ces modèles statistiques est que les relations multiplexes et les configurations dyadiques ou triadiques sont importantes pour la reconstitution de la structure d'ensemble du réseau observé. Ces modèles permettent d'établir la liste des formes relationnelles élémentaires – sous-structures dyadiques (réciproques ou non), triadiques (transitives ou non, cycliques ou non, etc.) et d'ordre supérieur lorsque les données sont suffisantes – et de leur associer un paramètre estimant la probabilité qu'ils contribuent plus ou moins fortement à la reconstitution du réseau tel qu'il a été observé. Cette démarche – le passage par l'analyse des configurations relationnelles élémentaires et multiplexes dans l'échange social – permet à son tour de réexaminer les processus de la coopération dans l'action collective.

Ainsi, deux types de facteurs sont introduits dans ces modèles pour expliquer la présence d'une relation : des effets dits *endogènes* (relevant d'une dimension supposée auto-organisée du système d'interdépendances locales, dans le voisinage de l'acteur, déterminée de manière considérée comme stochastique) et des effets dits *exogènes* (relevant d'une distribution préalable des ressources dans le collectif, de l'articulation des caractéristiques héritées ou acquises des acteurs avec un positionnement macro). Cette distinction (endogène/exogène) permet donc, pour expliquer la présence d'un lien, de mesurer le poids relatif des effets structuraux (centralité, appartenance à tel block, etc.) et sous-structuraux (réciprocité, transitivité, cycles, etc.) par rapport aux effets positionnant l'acteur dans la structure en termes de classe sociale, de genre, de profession, etc., mais aussi en référence à ses discours, comportements, dispositions, choix normatifs, performances, et bien d'autres variables que l'on peut aussi bien transformer en variables dépendantes qu'indépendantes.

Le présent chapitre rend succinctement compte de quelques tentatives dans cette direction, notamment des modèles de régression (de type logistique ou autre, mais sans entrer dans la problématique statistique des procédures d'estimation des paramètres) appliqués aux relations, ou *dyades*, puis à des sous-structures de rang supérieur (triades, etc.), dans un cadre statique puis dynamique (Snijders *et al.*, 2007) et multiniveaux (Wang *et al.*, 2012). On rend compte tout d'abord du modèle que la littérature appelle le modèle *p2* (Van Duijn, 1995 ; Van Duijn *et al.*, 2004 ; Snijders et Van Duijn, 1997 ; Lazega et Van Duijn, 1997), lui-même dérivé du modèle *p1* de Holland et Leinhardt (1981), puis des ergm. Enfin, on évoquera le développement de modèles multiniveaux (MERGM) dérivés de

cette approche et les modèles dynamiques auxquels ces approches aboutissent, en particulier le modèle Siena de Tom Snijders. Le choix de ces modèles parmi d'autres possibles est lié à leur utilité, testée par des recherches sociologiques empiriques.

I. – Attributs et relations à l'échelle dyadique : le modèle $p2$

Le modèle $p2$ est un modèle de régression logis- tique pour les relations sociales traitées comme variables dépendantes à l'échelle dyadique et permettant d'articuler relations et attributs des acteurs. Il est dérivé du modèle $p1$ de Holland et Leinhardt, où l'unité d'analyse est la dyade, la paire de relations orientées (ou choix sociométriques) entre deux acteurs dans un réseau, ce qui prend partiellement en compte l'interdépendance de ces deux relations. Pour les quatre cas de figure d'une dyade [(0,0), (0,1), (1,0) et (1,1)], étant donné la nature dichotomique des relations, la distribution de $p1$ est définie comme :

$$P(Y_{ij} = y_1, Y_{ji} = y_2) = \frac{\exp(y_1(\mu + \alpha_i + \beta_j) + y_2(\mu + \alpha_j + \beta_i) + y_1 y_2 \rho)}{k_{ij}}$$

où $y_1, y_2 = 0, 1$

et $k_{ij} = 1 + \exp(\mu + \alpha_i + \beta_j)$

+ $\exp(\mu + \alpha_j + \beta_i) + \exp(2\mu + \alpha_i + \alpha_j + \beta_i + \beta_j)$.

Quatre paramètres α , β , ρ et μ spécifient, respectivement, la propension des acteurs à choisir d'autres acteurs, à être choisi par d'autres, à faire des choix réciproques et la tendance moyenne (paramètre de densité) à interagir avec les autres.

Plusieurs types d'extensions du modèle $p1$ existent dans la littérature méthodologique. Wasserman et Faust (1994) en ont proposé une présentation détaillée. Le modèle $p2$ permet de dépasser deux limitations du modèle $p1$ en autorisant des attributs arbitraires pour chacun des paramètres α , β , ρ et μ . Il modélise comme des effets aléatoires, plutôt que fixes, la part « résiduelle » (non expliquée) des paramètres de l'acteur. Ce modèle $p2$, même s'il reste au niveau dyadique, vaut la peine d'être mentionné dans la mesure où une part non négligeable des effets de sous-structures d'ordre supérieur à la dyade, c'est-à-dire les triades ou les sous-groupes, peut souvent être expliquée par des variables indépendantes de niveau dyadique comme des indicateurs de similarité.

Sans entrer ici dans les détails techniques du modèle, dont on trouve la description dans les publications mentionnées plus haut, on en propose une application concrète destinée à donner l'intuition de son utilité sociologique. Par exemple, pour étudier l'effet de la structure formelle du cabinet d'avocats sur les demandes, transferts et échanges sociaux de conseil entre membres, on a

utilisé comme variables indépendantes celles que l'on considérait comme les plus importantes : ancienneté, statut, spécialité, bureau, genre et prestige du diplôme d'avocat obtenu. Il n'est pas difficile de faire des hypothèses descriptives du genre « Les demandes de conseil affluent vers les plus anciens » ou « font intervenir des jeux de statut » (les associés ne demandent pas conseil « en dessous » d'eux dans la hiérarchie ; les collaborateurs demandent conseil « au-dessus » d'eux pour « se couvrir »). Ces attributs concernent la position formelle des membres dans le cabinet, mais aussi des caractéristiques plus personnelles que l'organisation ne contrôle pas directement. Utilisant ces caractéristiques des acteurs comme variables indépendantes, plusieurs modèles p_2 doivent être estimés pour se rapprocher du meilleur modèle possible. Le tableau 4 présente le meilleur modèle pour les choix de conseillers opérés par tous les avocats du cabinet (associés et collaborateurs). L'inclusion des autres variables indépendantes dans le modèle, aussi bien pour l'émission, la réception, la densité que pour la réciprocité des choix, n'a pas amélioré ce modèle.

La lecture du tableau 4 montre que, lorsque tous les avocats du cabinet sont pris en compte, le bureau, la spécialité, le genre et le prestige du diplôme n'ont pas d'effet significatif sur la propension à demander conseil. Dans cet exemple, les membres d'un bureau ne demandent pas plus conseil que ceux d'un autre, les membres d'une spécialité plus que ceux d'une autre, les femmes plus que les hommes. Le seul effet fortement significatif est le statut des associés seniors qui demandent conseil moins que leurs collègues plus jeunes (paramètre négatif). Les effets caractérisant la réception de demandes de conseil montrent que les collaborateurs reçoivent moins de demandes que les associés (paramètre négatif). De nouveau, appartenir à un bureau plutôt qu'à un autre, à une spécialité plutôt qu'à une autre, être de tel genre [2] ou venir de telle faculté de droit n'a pas d'influence sur les chances d'être choisi comme conseiller dans ce cabinet. Il n'est donc pas surprenant qu'y demander conseil soit un acte asymétrique très sensible au statut relatif des membres : sauf exception, on demande rarement conseil à une personne considérée comme « plus bas que soi » en termes de statut.

À ces contraintes de statut s'ajoutent des effets de densité très clairs : l'activité dans le réseau de conseil tend à être significativement plus élevée entre membres semblables du point de vue de plusieurs caractéristiques qu'entre membres différents de ces points de vue. Ainsi, on trouve significativement plus de relations de conseil entre membres du même bureau qu'entre membres de bureaux différents, entre spécialistes du même domaine qu'entre spécialistes de domaines différents ; il en va de même entre membres de même statut. Les effets de densité les plus forts sont, en ordre décroissant, le bureau, la spécialité et le statut. En général, il est donc moins probable qu'un membre du cabinet aille demander conseil à un collègue d'un bureau différent, de spécialité différente et de statut différent. Notons enfin des effets de densité plus faibles, mais néanmoins significatifs : les avocats du même genre et ceux issus des mêmes facultés de droit ont tendance à échanger du conseil entre eux plus qu'avec des avocats différents d'eux sur ces deux points. Un seul effet de réciprocité significatif montre que les avocats de même spécialité ont plus tendance à s'échanger directement du conseil que les avocats de spécialités différentes. L'absence d'effets de réciprocité atténuée quelque peu la force des effets de densité positifs, qui peuvent suggérer l'existence « locale » de cycles caractéristiques de l'échange généralisé. De manière générale, le modèle p_2 confirme l'influence massive du statut sur la circulation du conseil, mais montre aussi que les membres du cabinet peuvent jouer sur d'autres ressemblances pour contrer cette « loi d'airain du statut ».

En résumé, le modèle p_2 montre le poids considérable des dimensions spécifiques de la structure

formelle de l'organisation sur les interactions et échanges sociaux liés au conseil. Il met en relation des paramètres importants qui caractérisent les couples d'acteurs (émission, réception, densité, réciprocité) avec des attributs d'acteurs individuels ou de dyades. En même temps, il autorise des écarts individuels par rapport à ces effets attendus, en utilisant des effets aléatoires et les variances et covariances qui leur sont associées. Ainsi, la dépendance des relations partant d'un acteur et des relations dirigées vers cet acteur peut être quantifiée. De tels modèles aident au développement d'une nouvelle approche de la relation entre dimensions formelles de la structure, par exemple organisationnelle, et interactions informelles. Certaines dimensions peuvent être très contraignantes pour la circulation d'une ressource comme le conseil, et moins pour d'autres, comme le soutien affectif. *p2* aide à distinguer ces influences d'une manière plus appropriée aux données de réseaux que les méthodes usuelles. Enfin, rappelons que les modèles doivent être sélectionnés de manière très soignée et systématique et que des hypothèses ou des intuitions théoriques sont nécessaires pour guider le processus de sélection du meilleur modèle possible.

- Tableau 4. – Paramètres 2 estimant l'effet des caractéristiques des membres du cabinet (ou des caractéristiques des couples de membres) sur l'émission, la réception, la densité et la réciprocité des choix sociométriques dans le réseau de conseil

	<i>Paramètres p_2</i>	<i>Modèle vide</i>	<i>Modèle final</i>
Émetteur	Variance σ_A^2	0,58 (0,08)	0,75 (0,11)
	Associés d'ancienneté de niveau 1		- 0,92 (0,30)
Récepteur	Variance σ_B^2	0,76 (0,10)	0,49 (0,08)
	Niveau d'ancienneté des collaborateurs		- 0,50 (0,06)
Émetteur- récepteur	Covariance σ_{AB}	- 0,25 (0,07)	- 0,05 (0,06)
Densité	μ	- 1,87 (0,12)	- 3,98 (0,22)
	Similarité de statut		0,89 (0,22)
	Similarité d'ancienneté chez les collaborateurs		0,98 (0,19)
	Niveau d'ancienneté plus élevé		- 0,29 (0,11)
	Similarité de bureau		1,79 (0,11)
	Similarité de spécialité		1,60 (0,12)
	Similarité de genre		0,29 (0,11)
	Similarité de faculté de droit		0,20 (0,09)
Réciprocité	ρ		1,46 (0,25)
	Similarité de spécialité	1,42 (0,13)	- 0,81 (0,28)

II. – Au-delà des dyades : les modèles ERGM

D'autres extensions du modèle $p1$ ont encore été créées en direction des relations multiples (Wasserman et Faust, 1994) en répondant à l'intuition de Holland et Leinhardt. Pattison et Wasserman (1996) relie le modèle $p1$ aux graphes stochastiques de Markov (Frank et Strauss,

1986, dépassant la distribution de graphes aléatoires de Erdos-Renyi [3]) et l'estimation à des méthodes de régression logistique (Strauss et Ikeda, 1990), menant ainsi au modèle ERGM (Pattison et Robins, 2002 ; Robins *et al.*, 2006 ; Snijders *et al.*, 2006) [4]. Les propriétés globales d'un réseau sont résumées dans les propriétés locales. Comprendre le voisinage des acteurs et étudier les triades permet de saisir les processus engendrant la structure dans son ensemble. Dans leur forme la plus générale, ces modèles expriment la probabilité d'émergence de la structure d'un réseau uni – ou multirelationnel (multiplexe) – au moyen de paramètres statistiques associés à des sous-structures particulières représentées dans la figure 5, p. 87-88. Ici les plus structurantes parmi les interdépendances locales d'ordre 3 et au-delà sont partiellement intégrées en un réseau complet simulé [5] qui est ensuite comparé au réseau observé. Les modèles ERGM sont conçus pour identifier les régularités dans les échanges locaux qui ont le plus de chance de construire, de manière combinatoire, au-delà de la dimension stochastique et unique de chaque lien, le système d'action collective tel qu'il a été observé. Dans ces modèles, les attributs des acteurs sont traités en général comme des variables exogènes. Pourvu que le chercheur dispose de suffisamment de données, son modèle peut introduire, dans la liste des facteurs explicatifs de la présence d'une relation, des variables exogènes macrosociales (sous forme d'homophilies/hétérophilies de toutes sortes), des variables représentant la structure mésosociale dans son ensemble (par exemple les centralités caractérisant la position de l'acteur dans le collectif organisé que l'on étudie par le réseau « complet »), ainsi que des variables sous-structurales endogènes représentant les effets induits par le voisinage relationnel de l'acteur. Des simulations permettent de créer des distributions théoriques ou attendues auxquelles les distributions observées sont comparées. Les résultats de l'ajustement se lisent comme dans une régression logistique, à ceci près qu'ils sont contrôlés par des effets endogènes comme la réciprocité, la transitivité, etc. et que l'on ne peut comparer des effets entre eux que s'ils sont de la même classe (effets dyadiques, par exemple).

Les ergm sont ainsi une famille de distribution de probabilités spécifiant une classe de modèles dans lesquels le chercheur doit choisir les régresseurs appropriés pour expliquer la présence ou l'absence d'une relation entre deux acteurs (quels qu'ils soient ou aux caractéristiques prédéfinies, suivant la manière dont le modèle est spécifié) dans le système observé. Pour résumer le sens théorique des ERGM, Robins et Lusher (2013) proposent l'idée que les réseaux sociaux comportent une dimension émergente et auto-organisée traduisant l'existence de plusieurs processus sociaux structuraux en action (ce sont les liens qui créent de nouveaux liens) et une dimension déterminée et exogène (ce sont les attributs qui expliquent le lien). Les réseaux sociaux peuvent être structurés et déterminés mais en partie de manière stochastique. Ils sont alors considérés comme structurés et structurants.

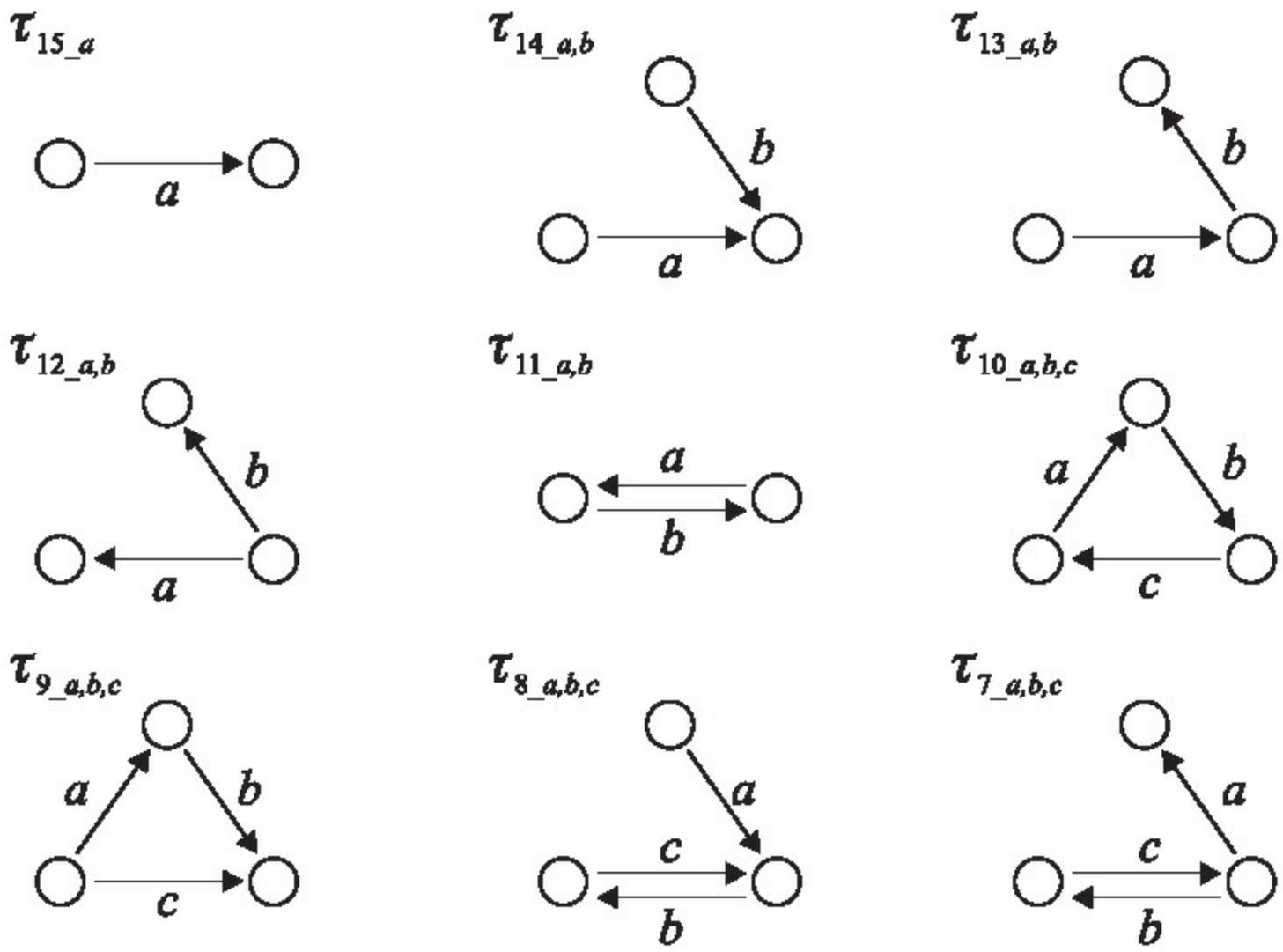
Le modèle peut s'écrire sous la forme suivante (Frank et Strauss, 1986 ; Wasserman et Pattison, 1996 ; Pattison et Robins, 2002) :

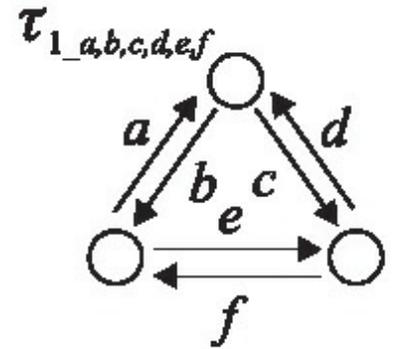
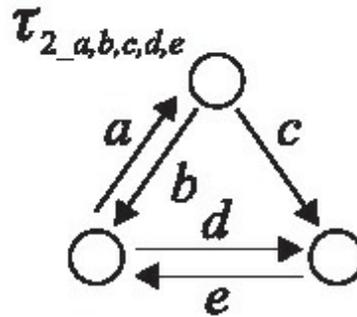
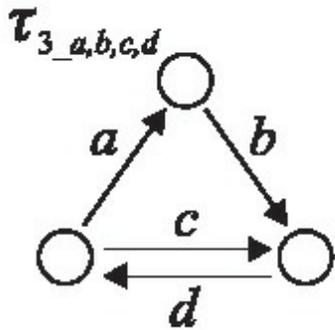
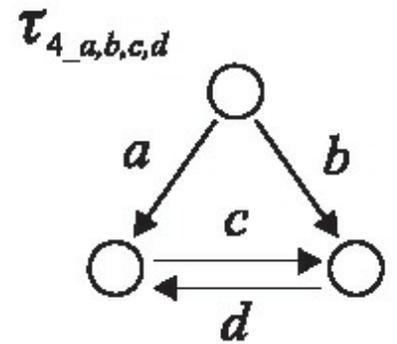
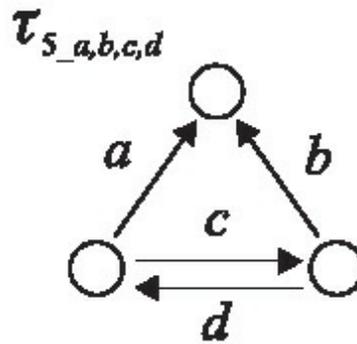
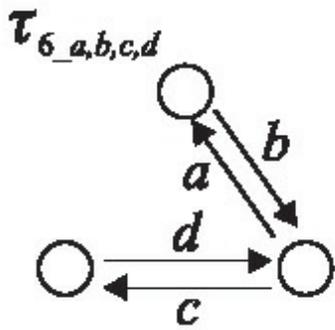
$$\Pr(X = x) = \frac{1}{K} \exp \left\{ \sum_{\varrho} \lambda_{\varrho} z_{\varrho}(x) \right\}$$

où X , réseau « théorique » est la matrice de toutes les variables, x la matrice du réseau observé, $\Pr(X = x)$ une distribution de probabilités de graphes, Q une configuration ou sous-structure locale (dyade, triade, etc.) participant à la constitution du graphe, $z_Q(x)$ le nombre de configurations Q dans le

réseaux x , λQ un paramètre associé indiquant l'importance de Q dans le modèle, k une constante de normalisation (la somme des probabilités de tous les graphes doit être égale à 1). La somme se fait sur toutes les configurations Q , soit toutes les configurations locales dont on fait l'hypothèse qu'elles contribuent à constituer le réseau observé. Ce sont les choix du chercheur en matière de dépendances locales qui déterminent quelles configurations sont incluses dans le modèle.

- Fig. 5. – Nomenclature des configurations relationnelles élémentaires utilisées pour l'analyse « locale » des réseaux sociaux proposée par les modèles de graphes aléatoires exponentiels

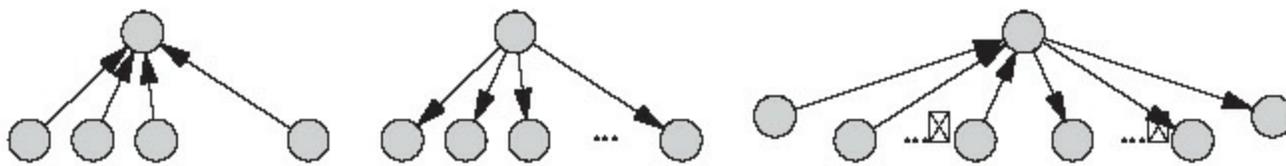




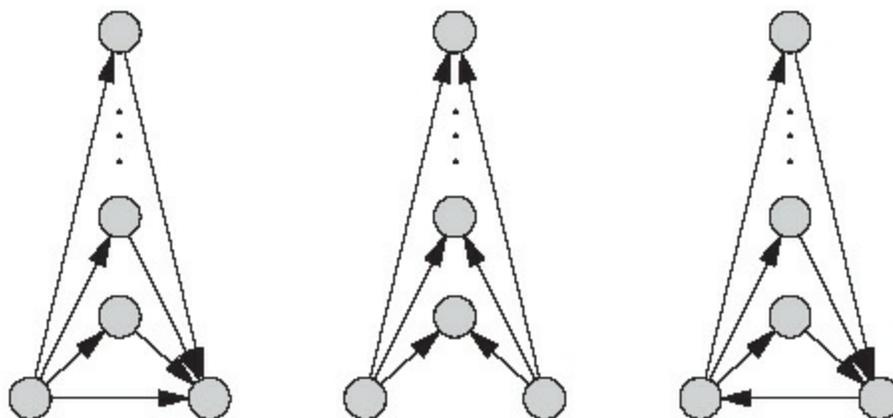
Lecture : les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e* et *f* représentent les relations uniplexes ou multiplexes, quelles qu'elles soient. À l'échelle interindividuelle, ces relations peuvent être des relations de collaboration, de conseil, d'amitié et les nombreuses combinaisons complexes de ces relations. À l'échelle interorganisationnelle, ces relations peuvent être des relations de prestation, de participations financières, de transferts de technologie, ainsi que les nombreuses combinaisons complexes de ces relations.

Dans la mesure, par exemple, où les sous-graphes maximums (cliques) incomplets sont nombreux dans un réseau donné (il est rare d'avoir dans la vie sociale des cliques où tous les membres sont rigoureusement liés deux à deux à tous les autres membres), on observe parfois une « dégénérescence » des modèles ERGM, c'est-à-dire une concentration de la distribution des probabilités sur une petite sous-série du graphe (Snijders *et al.*, 2006 ; Snijders, 2011). Le processus d'estimation des paramètres échoue alors à converger vers des valeurs stabilisées rendant la modélisation impossible. Cette situation problématique est gérée par l'introduction dans le modèle de sous-structures d'ordre plus élevé destinées à « contextualiser les triades » et stabiliser le modèle. La figure 6 donne des exemples de ce type de sous-structures. Les effets sont toujours triadiques mais leur inscription locale est prise en compte.

- In-star alternant (AinS) mesurant les variations de popularité, out-star alternant (AoutS) mesurant les variations d'activité dans le réseau et out-star alternant in et alternant out (AinAoutS) mesurant la corrélation entre le degré in et out.



- Triangle alternant (AT-T) mesurant la clôture transitive, les 2-pas alternants (A2P-U), mesurant l'activité commune, et le triangle alternant (AT-C) mesurant la clôture du chemin cyclique l'échange généralisé au sens de Lévi-Strauss.



- Fig. 6. – Configurations ERGM utilisables pour « contextualiser les triades »

	<i>Paramètres ERGM</i>	<i>Paramètres ERGM</i>
Degrés (pondérés géométriquement)	- 0,71 (2,98)	
<i>k</i> -triangles alternants	0,58 (0,18)	0,61 (0,09)
2-pas alternants	- 0,03 (0,15)	
Nombre de paires directement et indirectement connectées	0,43 (0,51)	
Ancienneté	0,02 (0,006)	0,02 (0,006)
Spécialité (<i>corporate</i>)	0,38 (0,11)	0,37 (0,10)
Similarité de spécialité	0,37 (0,10)	0,38 (0,09)
Similarité de genre	0,33 (0,12)	0,35 (0,11)
Similarité de bureau	0,56 (0,10)	0,56 (0,10)

N = 71, réseau symétrisé.

Extrait de Snijders, Handcock, Pattison et Robins (2006).

Dans l'exemple du cabinet d'avocats, l'analyse descriptive montre que les dépendances triadiques uniplexes sont fortement présentes (voir Lazega et Pattison, 1999 ; Lazega, 2001, chap. 4 et 5, pour une analyse présentant les sous-structures augmentant ou diminuant significativement la probabilité d'occurrence du réseau multiplexe observé dans son ensemble). De plus, l'interdépendance des différentes ressources prises en compte dans l'échange ne peut être uniquement caractérisée au niveau dyadique. Un modèle permettant aux sociologues de passer du niveau dyadique au niveau des sous-structures locales (triadiques), puis d'ordre plus élevé facilite l'articulation d'une théorie de l'action individuelle avec une théorie de l'action collective.

La question de savoir si l'analyse statistique doit et peut chercher à avancer vers une représentation générale du système d'échange n'est pas anodine. D'une part, de tels modèles ajoutent un certain réalisme à l'analyse : on sait bien que les membres d'un ensemble social se rencontrent dans plusieurs sphères différentes et y échangent des ressources différentes ; encore faut-il vérifier lesquelles. Mais, d'autre part, si des cycles triadiques (uniplexes ou multiplexes) constituent une preuve suffisante de l'existence d'un système d'échange généralisé dans le milieu étudié, pourquoi remonter vers des structures plus globales (décrites par les techniques d'analyse présentées au chapitre II) ? C'est qu'il est peu vraisemblable que, dans une organisation complexe dont les membres sont mis en concurrence ouverte les uns avec les autres, on puisse trouver des systèmes de solidarité et de larges cycles caractéristiques de la *kula* mélanésienne (exemple anthropologique canonique extrait des *Argonautes du Pacifique* de Malinowski). Par ailleurs, on peut présupposer qu'une forme triadique apparaît avec une fréquence prévisible à partir de la conjonction indépendante de formes plus élémentaires ce qui est contrôlé par le chercheur qui prend en compte la hiérarchie des dépendances. Enfin, chaque membre d'une organisation est engagé dans plusieurs cycles, ce qui rend plus difficile une analyse de ce processus au niveau global. Il n'en reste pas moins que quelques acteurs concentrent souvent les ressources entre leurs mains. Ils contrôlent leur circulation et jouent un rôle important dans leurs échanges. Une analyse qui en reste au niveau dyadique ne peut pas rendre compte des régularités résultant de ces échanges caractéristiques du système au plan structural.

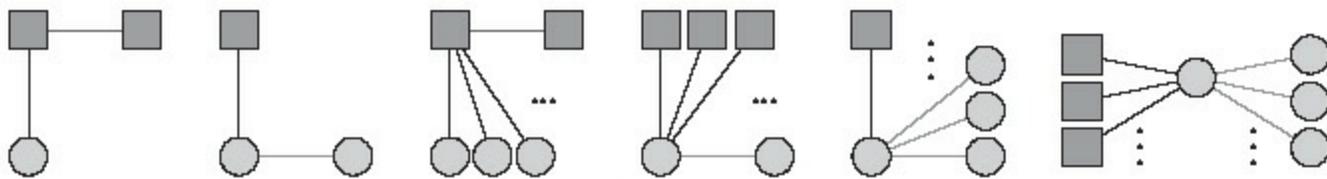
Ces modèles, on l'a vu, autorisent ce genre d'exploration du système d'échange et des interdépendances entre plusieurs types de relations, au niveau dyadique, triadique et d'ordre supérieur. Ils expriment la probabilité d'une structure multirelationnelle en termes de paramètres associés à des formes particulières de sous-structures. Par exemple, on peut chercher à établir la probabilité d'occurrence d'une relation dyadique du type « *i* travaille avec *j*, lui demande conseil, mais ne se dit pas ami de *j* ; alors que *j* travaille avec *i*, ne lui demande pas conseil, mais se dit ami de *i* ». Cette configuration apparaît parfois dans les relations entre associés (*j*) et collaborateurs (*i*) du cabinet d'avocats. Dans les ergm, les sous-structures prises en compte sont déterminées par les hypothèses d'indépendance que l'on formule. Lorsqu'une sous-structure a un paramètre positif élevé, cela signifie que la présence de cette sous-structure renforce la probabilité d'occurrence du réseau dans son ensemble.

La variété des tendances structurales représentées dans les ergm, avec les interdépendances complexes sous-jacentes, a été étendue, tout comme la capacité du chercheur à les appliquer avec un raisonnement probabiliste robuste, notamment grâce à l'utilisation de simulations pour l'estimation des paramètres et de spécification des effets examinés, permettant ainsi d'introduire dans le modèle

les attributs des acteurs ou des relations, même au niveau triadique (Snijders *et al.*, 2006). Les nouvelles spécifications de ce modèle représentent plus systématiquement des propriétés structurales comme, par exemple, la transitivité et l'hétérogénéité du degré, dépassant les traditionnels comptages de triangles et d'étoiles. Ces nouvelles spécifications étendent l'application et améliorent la pertinence de ces analyses. Le tableau 5 ci-après présente un modèle ergm estimant les effets de variables structurales et de variables d'attributs sur la création d'un lien de collaboration dans le réseau des avocats.

Le modèle final (modèle 2) dans ce tableau 5 montre que, dans ce réseau, aucun effet structural n'a de *t*-ratio supérieur à 2, excepté les *k*-triangles alternants, un indicateur de transitivité : dans ce réseau, les collaborateurs de mes collaborateurs ont tendance à devenir mes collaborateurs. En revanche, les attributs des acteurs ont davantage d'effet sur les choix de collaborateurs : avoir le même niveau d'ancienneté, être de la même spécialité, du même genre et du même bureau ont chacun un effet positif et « significatif » sur le choix d'un collaborateur et augmentent la probabilité de collaborer avec autrui. La présence d'un effet structural témoigne de l'existence, dans cette organisation, de processus de structuration relationnelle différents, par exemple, de l'homophilie. Dans ce contexte, les acteurs choisissent un collaborateur ou une collaboratrice pas seulement en fonction de leurs caractéristiques et de leurs ressemblances, mais aussi en fonction des autres choix relationnels qu'ils ont eux-mêmes déjà opérés. Un effet d'équilibre de Heider semble ainsi participer à la formation d'équipes de travail cohésives.

- Tableau 5. – Explication de la présence d'une relation de collaboration entre membres : Sous-structures unplexes augmentant ou diminuant significativement la probabilité d'occurrence du réseau dans son ensemble selon le modèle ergm



On l'a vu en introduction, le système d'interdépendances sociales étudiées par l'analyse de réseaux sociaux présuppose l'existence d'un milieu social. Afin de simplifier le modèle (trop de paramètres), les statisticiens ont posé une hypothèse d'homogénéité : l'impact des sous-structures dans l'émergence du réseau global est considéré comme identique quels que soient les acteurs qui les construisent. Le corollaire est alors que ces sous-structures ont la même influence sur les acteurs, quels qu'ils soient. L'avantage est que les statistiques utilisées deviennent uniquement des comptabilisations de l'occurrence des configurations dans le réseau. Cette hypothèse d'homogénéité n'est pas particulière aux ERGM [6]. Par exemple, les modèles linéaires généralisés supposent une homogénéité des effets quels que soient les acteurs. Comme nous l'avons précisé précédemment le réseau reconstruit concerne un système d'acteurs partageant certaines normes comportementales et dont la mobilisation de la ressource cristallisée dans le lien reconstruit revêt pour chacun d'eux un caractère à la fois stratégique, objet de recherche d'opportunités, mais aussi une source de

contraintes d'ordre structurales. Théoriquement, il est possible de justifier cette hypothèse d'homogénéité par le constat que les individus, dans l'acteur collectif étudié, partagent des croyances et des normes (Robins et Pattison, 2001). Ce qui est aléatoire dans le modèle émerge précisément de la partie non normée/déterminée des comportements (Robins, Pattison & Woolcock, 2005). L'intégration d'effets exogènes basés sur les attributs permet cependant de relâcher l'hypothèse d'homogénéité. Comme le souligne Tom Snijders, un pas décisif a été franchi avec la possibilité d'inclure dans les modélisations les effets d'attributs exogènes combinés au poids de ces configurations représentant le caractère auto-organisé du réseau. Cela permet de saisir l'impact de ces facteurs en contrôlant les effets structuraux.

La prise en compte des attributs permet de centrer l'analyse sur la sélection des partenaires d'échange dans le système social selon les attributs, en supposant ici que ces derniers ne peuvent être influencés par la structure relationnelle.

À ce stade, une remarque générale s'impose. Bien que souvent complexe et difficile, ce type d'exploration est d'une grande richesse pour la description de systèmes d'échange. Il invite aussi à de nombreuses interprétations quant aux *normes* qui président à leur régulation. Cependant, les modèles p_2 à *ergm* ne sont utiles qu'à condition d'être utilisés systématiquement. Il est donc important de s'appuyer, dès le départ de l'analyse, sur de simples tris et agrégations de dyades et triades constituant le profil relationnel de chaque membre. Une configuration peut en cacher une autre. Une analyse superficielle peut facilement occulter une forme dyadique (comme un 2.cycle multiplexe) en présupposant par exemple qu'elle apparaît avec une fréquence prévisible à partir de la conjonction indépendante de formes plus élémentaires. Ou bien parce que le chercheur distrait poursuit une question différente en explorant une tangente. Ou encore parce que certaines configurations ont été perdues de vue, quoique présentes dans des ajustements préalables. Dans de tels cas, il est nécessaire de revenir sur ses notes et de vérifier l'importance de telle ou telle forme en en faisant un terme explicite du modèle. Après réajustement, un effet négligé peut redevenir substantiel. Lorsque le chercheur décide enfin du modèle qui lui semble le plus adéquat et le plus intéressant, il est utile de réajuster tous les modèles préalables pour être sûr que la stratégie de sélection des effets a été la plus rigoureuse possible.

On l'a vu en introduction, l'un des avantages de l'analyse néostructurale est de permettre un passage « en douceur » du niveau micro au niveau macro. Les analyses opérées par des approches statistiques comme celles offertes par les modèles p_2 et *ergm* se situent au niveau de sous-structures, le plus souvent dyadiques et triadiques ; elles sont donc « locales ». Évidemment, il serait important de pouvoir les combiner avec les approches plus directement globales ou structurales exposées au chapitre II. La probabilité d'occurrence de certaines relations de niveau dyadique est « visible » dans la figure 5. C'est le cas, par exemple, pour le type de combinaison qui associe un lien de travail mutuel entre i et j et une relation de conseil non réciproque de j à i . Cette combinaison caractérise la relation entre associé (i) et collaborateur (j). Cependant, cette visibilité des trois niveaux est encore peu développée. De fréquentes combinaisons triadiques sont graphiquement moins apparentes. Relier de manière systématique, statistiquement fiable et plus graphique les niveaux locaux et globaux est une technique qui reste donc à développer.

Dans les faits, passer du niveau micro au niveau macro est une opération souvent très délicate.

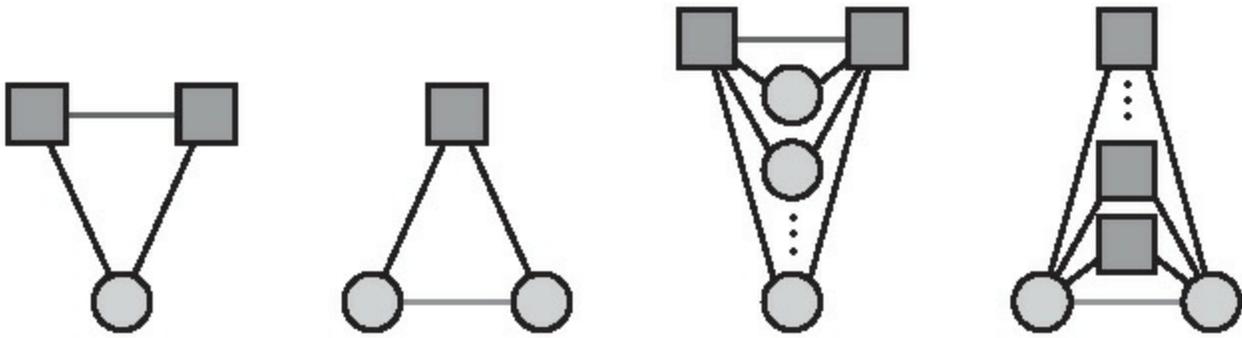
Chacune des deux formes de représentation décrites par les chapitres I et II offre une contribution spécifique à la représentation de la structure à partir de la connaissance des relations entre acteurs. Les blocs et positions procurent une vision d'ensemble et permettent, en particulier, de représenter des sous-ensembles de sommets ou d'acteurs qui participent à des configurations structurales particulières. Les modèles p_2 et *ergm* sont utiles pour expliquer un ensemble de formes locales et sous-structurales que l'on peut considérer comme constitutives de la structure globale. De nombreuses caractéristiques de la structure globale sont facilement conciliables avec les résultats des analyses statistiques.

Cependant, la structure macro n'est pas toujours un concept bien défini dans le cadre des *ergm*. Il est fréquent que la structure d'ensemble ne soit pas clairement ou entièrement discernable à partir des configurations triadiques. Habituellement, un *blockmodel* solide est une hypothèse formulée à partir d'une analyse exploratoire des données et d'une connaissance ethnographique du terrain. Si les *blocks* ne peuvent être introduits comme tels, un examen de ces derniers révèle selon quelles similarités ou homophilies ils se construisent ; ces homophilies peuvent être introduites dans l'ERGM. En d'autres termes, un système d'échange doit être analysé en combinant plusieurs techniques. Mais à ce jour la littérature méthodologique n'offre pas encore de réponse systématique entièrement satisfaisante au problème de l'articulation des approches inductives et déductives présentées dans ces deux chapitres techniques. Il faut ici se souvenir de la nature approximative de ces deux formes de représentation des données, et aussi des limites des données (seulement trois ressources pour reconstituer un système d'échange multiplexe). Cependant, de tels développements seront nécessaires pour analyser des données de réseaux longitudinales qui cherchent à rendre compte de la genèse de nouvelles structures à partir de changements observés au niveau des relations entre membres.

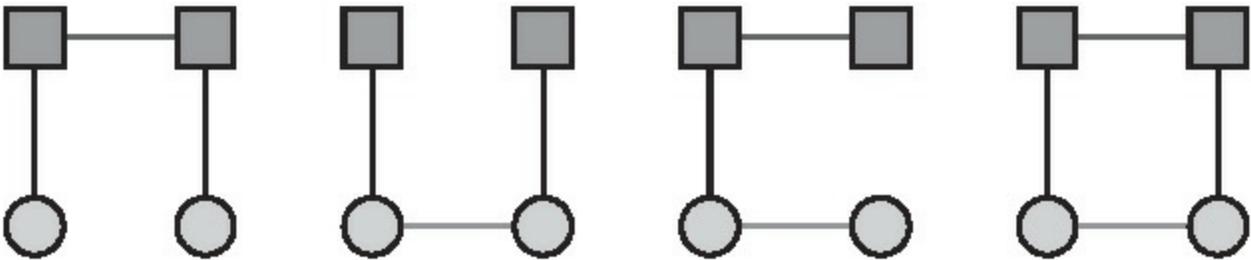
III. – Extensions multiniveaux de la statistique des réseaux

Si les modélisations de type ERGM permettent d'estimer le poids de configurations structurales au voisinage de l'acteur dans l'émergence et la construction du réseau global, tout en prenant en compte l'impact d'attributs exogènes, elles peuvent aussi être étendues à l'analyse des interdépendances verticales, c'est-à-dire à l'étude des données d'affiliation et à l'étude des systèmes d'action superposés et multiniveaux illustrés par la figure 1, page 31 (Brailly et Lazega, 2012 ; Lazega *et al.*, 2007, 2008, 2013). En particulier, Wang *et al.* (2013) associent des paramètres statistiques à des sous-structures multiniveaux telles que celles représentées dans la figure 7.

- Popularité basée sur l'affiliation, Star2AX, Star2BX, AXS1A, AXS1B, ABS1X et AAAXS



- Clôture basée sur l'affiliation, ou homophilie par similarité des affiliations, TXAX, TXBX, ATXAX et ATXBX



- Interaction entre popularité de niveau méso et activité au niveau individuel L3XAX, L3XBX, et interactions entre niveaux (assortativité et alignement) L3AXB et C4AXB

$$p_{ij}(\beta, x) = \frac{\exp(f(i, j))}{\sum_{h=1, h \neq i}^n \exp(f(i, h))} \quad (j \neq i)$$

$$f(i, j) = f_i(\beta, x(i \rightsquigarrow j)).$$

La dimension multiniveaux est intrinsèque à l'analyse structurale (Lazega, 1994, 2012). Mais les mesures de l'effet des configurations locales (le voisinage) dans l'émergence d'une relation et – par une conjecture probabiliste – la structure globale d'un collectif donné, cette mesure prendra encore davantage de sens lorsque la statistique des réseaux aura réussi à modéliser la dynamique des structures multiniveaux, une avenue de recherche en cours.

IV. – La dynamique des réseaux sociaux

La description des interdépendances de ressources et d'engagements ou la contextualisation relationnelle de l'action peuvent être conçues comme intrinsèquement dynamiques dans la mesure où

les échanges observés, la mise en œuvre de normes comme la norme de réciprocité – ainsi que la négociation et la renégociation des règles d'échange – ont des processus qui se déploient dans le temps. Structures, normes et comportements coévoluent. Ces dynamiques dépendent de l'effet des structures relationnelles sur le choix ou la construction de normes spécifiques (l'« influence » au sens de Snijders, 2001), puis de l'effet du choix de ces normes sur les choix relationnels – effet dû, par exemple, à la tendance des membres d'un milieu donné à se rapprocher d'autres membres qui partagent les mêmes normes (la « sélection » au sens de Snijders). La méthode structurale conduit donc naturellement à l'étude de la dynamique des structures relationnelles. La connaissance de cette dynamique commence seulement à se développer à mesure que des données longitudinales deviennent moins rares. L'examen statistique de données relationnelles longitudinales pose beaucoup de problèmes techniques qui dépassent le niveau de cet ouvrage. On se contentera ici de présenter l'un des modèles actuels les plus aboutis dans ce domaine, le modèle Siena (Simulation Investigation for Empirical Network Analysis) de Tom Snijders (Snijders, 2001, 2005, 2006 ; Snijders *et al.*, 2006, 2007 ; de Federico, 2004), et un exemple d'application.

Dans l'approche dynamique, les réseaux sociaux sont tour à tour des variables dépendantes et indépendantes. Cela pose à nouveau le problème de la dépendance des observations et de la complexité introduite par les effets de feedback endogène (par ex. dans la réciprocité, la transitivité, la centralisation, etc. qui dynamisent, en partie, l'évolution de la structure relationnelle).

Le passage des sous-structures locales à l'architecture du réseau global par la prise en compte des dépendances locales les plus fréquentes, régulières et « significatives », s'opère par « endogénéisation » [7] de la structure, par mesure de l'influence des processus sociaux sur la création des liens, en supposant que le réseau est engendré par un processus stochastique particulier, ce qui revient à le considérer comme auto-organisé (Robins & *al.*, 2005 ; Robins & *al.*, 2007 ; Robins & Lusher, 2013) – en tout cas tant que l'on n'a pas introduit dans le modèle des effets exogènes. On le voit, on peut centrer l'analyse soit sur les effets dits de sélection des alters (partenaires d'échange, par exemple) identifiés à partir des attributs en ayant contrôlé les effets structuraux, soit inversement d'étudier les effets de structure sur le comportement, appelés influences, en ayant contrôlé les effets exogènes. Le poids relatif des configurations de relations sociales est associé, par exemple, aux opinions partagées ou aux comportements similaires dans l'explication soit de l'émergence d'un nouveau lien, soit de l'adoption d'un nouveau comportement. En dynamique, les relations et les comportements coévoluent, et c'est précisément cette coévolution qui est l'objet de la modélisation.

Ce raisonnement n'est qu'analytique. Dès que l'on observe la réalité sociale telle qu'elle devrait être observée, c'est-à-dire en dynamique, les effets endogène et exogène sont entremêlés et s'engendrent mutuellement : la création d'un lien réciproque peut relever autant d'une dynamique interne au lien entre deux personnes que de l'existence de normes sociales exogènes (mais endogénéisées) comme, par exemple, la règle maussienne du don et du contre-don, ou l'interdiction de court-circuiter un sous-chef pour s'adresser directement au chef, etc. En dynamique, les réseaux sont des indicateurs de structuration : ils sont à la fois le résultat de cette structuration et la base à partir de laquelle la structuration se poursuit.

Dans l'approche proposée par Snijders les données utilisées sont des mesures répétées d'un même

réseau social, variables relationnelles dichotomiques (présence – absence d'un lien). Les mesures doivent être proches dans le temps, mais la quantité de changement entre les deux mesures doit être assez grande pour donner des indications sur les règles de la dynamique du réseau. L'analyse se base sur l'observation des changements relationnels entre les différentes mesures (*turnover* relationnel). La différence entre les deux réseaux observés (en t_1 et t_2) est produite par une séquence de petits changements ou *mini-steps* (*on* \Rightarrow *off*, ou *off* \Rightarrow *on*). Pour simplifier la modélisation, Snijders admet une forme de changement latent et continu sous-jacent à l'évolution du réseau même si les observations sont menées à des moments discrets du temps (pour représenter une évolution endogène du réseau). Par exemple, un groupe social peut être modélisé simplistiquement comme le résultat de la coalescence progressive de dyades aidées par un processus de transitivité (« les amis de mes amis deviennent mes amis »), ce qui peut contribuer à conduire, toujours simplistiquement, à la formation d'un groupe ou à la polarisation d'un milieu social.

L'objectif de l'inférence statistique est d'explorer l'évolution du réseau comme fonction d'effets structuraux (endogènes), de variables explicatives caractérisant les acteurs (exogènes), de variables explicatives caractérisant les dyades d'acteurs (les deux acteurs à la fois, comme la similarité), ces variables se contrôlant mutuellement. L'idée est qu'en contrôlant adéquatement les effets structuraux, il est possible de tester des hypothèses sur les effets de variables autres que structurales sur l'évolution du réseau. En effet, la dépendance des observations vient de ce que l'existence d'un arc dépend en partie de l'existence d'autres arcs. Par exemple, dans le cas de la réciprocité, X_{ij} dépend de X_{ji} . Dans chaque ligne de la matrice, les observations sont dépendantes : elles représentent tous les liens construits par un même acteur ; dans chaque colonne, les liens dépendent aussi les uns des autres : ils représentent tous les choix reçus par un même acteur. Dans le cas de la transitivité, il y a une dépendance entre des triplets d'acteurs (« un ami de mon ami est aussi mon ami »). Dans le cas de la popularité (centralité *indegree*), le fait d'être souvent choisi peut parfois, comme dans l'exemple que nous donnerons plus bas, conduire à une popularité toujours plus grande. Dans le cas de l'équivalence structurale, on peut préférer interagir avec d'autres acteurs qui font les mêmes choix relationnels que soi.

Le modèle de Snijders admet que les acteurs « contrôlent » leurs choix relationnels. À des moments stochastiques (*rate function*, vitesse du changement), ils changent ces relations choisies, cherchant à atteindre une position gratifiante dans le réseau. Ils apprécient leur position dans le réseau, appréciation x exprimée par une fonction d'utilité $f_i(x)$, leur but étant de maximiser cette fonction qui dépend de paramètres statistiques. Comme dans les autres modèles présentés dans ce chapitre, les actions sont aussi déterminées par une composante aléatoire exprimant un changement non expliqué (terme « résiduel »). À chaque moment, avec comme point de départ une structure de réseau donnée, les acteurs agissent indépendamment, sans coordination, l'un après l'autre, mais en fonction de leur connaissance du réseau complet au temps t_1 . La dépendance entre acteurs est engendrée par l'ordre temporel : les acteurs sont dépendants parce qu'ils constituent l'un pour l'autre un environnement changeant. Les choix relationnels (créations, dissolutions, maintiens) sont faits sur la base de fonctions (de gratification, par exemple). Pour simplifier la présentation, lorsqu'un acteur apporte un changement dans ses relations, on admet qu'il change une seule relation x_{ij} à la fois. La notation pour le nouveau réseau est $x(i \rightarrow j)$. L'acteur est supposé choisir la « meilleure » relation pour lui-même en maximisant $f_i(\beta, x(i \rightarrow j)) + U_i(t, x, j)$ où $U_i(t, x, j)$ est la composante aléatoire du modèle. L'acteur i choisit le « meilleur » j maximisant f . La probabilité que i change sa relation avec j à

chaque microstep est exprimée par une fonction qui est la forme logit multinomiale d'un modèle d'utilité aléatoire (Snijders, 1995) :

La littérature associée au modèle Siena contient les indications et l'expérience des utilisateurs en matière de spécification des modèles. Les exemples d'effets introduits dans le modèle incluent les effets structuraux (ou « endogènes ») possibles pour l'acteur (effet dit de densité, mesuré par le demi-degré extérieur ; effet de réciprocité, mesuré par le nombre de relations réciproques ; effet de popularité d'alter, mesuré par la somme des demi-degrés intérieurs des amis de i ; effet d'« activité » – *i. e.* propension à choisir un grand nombre de contacts –, mesuré par la somme des demi-degrés extérieurs des amis de i ; effets de transitivité, mesurés par le nombre de sous-structures transitives dans les relations de i ; effet d'équilibre ou d'équivalence structurale, etc.). Les effets associés aux attributs de l'acteur sont par exemple les effets de popularité liés à un attribut, basés sur la somme des attributs pour tous les amis de i ; ou les effets d'« activité » liés à l'attribut, mesurés par le demi-degré extérieur de i et pondérés par attribut ; et les effets de similarité liés à l'attribut, *i. e.* la somme de la mesure des similarités en termes d'attributs entre i et ses amis. Les effets dans la fonction d'utilité peuvent aussi être associés à des attributs de la dyade. Les travaux des statisticiens de réseaux mentionnés dans ce chapitre ont récemment proposé des méthodes robustes pour l'estimation des paramètres associés à ces effets (Snijders *et al.*, à paraître).

Un exemple d'application simplifié peut donner une idée de l'utilité de ce type de modélisation dans l'exploration de la dynamique des structures relationnelles. Dans un réseau de conseil entre juges du tribunal de commerce de Paris (tcp), réseau observé à trois reprises sur cinq années, on peut observer les fluctuations de l'influence de certains juges centraux dans cette institution. Le processus social examiné est l'apprentissage collectif au sein de cette organisation, processus qui dépend beaucoup des caractéristiques des juges les plus centraux. La corrélation entre les mesures de centralité en $t1$ et $t2$ est de 0,9 ; mais elle diminue entre $t2$ et $t3$ jusqu'à 0,7. Une analyse dynamique des choix de conseillers et de leur évolution au cours de ces six années est utile pour comprendre cet affaiblissement (Lazega *et al.*, 2006). Elle est présentée dans le tableau 6.

Ce tableau présente deux modèles *Siena* analysant l'évolution, sur six années, de ce réseau. Le paramètre de taux représente la quantité de changements relationnels comptabilisés entre deux observations du réseau, *i. e.* la « vitesse » de changement de la variable dépendante. L'effet de densité rend compte de la densité du réseau observé (sur la base du demi-degré extérieur de chaque acteur) et peut être interprété comme un intercept. L'effet de réciprocité positif et fort indique que la tendance à demander conseil à ceux qui nous demandent conseil explique une bonne partie de la dynamique de ces réseaux de conseil. L'effet de transitivité positif indique que la tendance à demander conseil au conseiller de mon conseiller explique aussi une partie de l'évolution de ce réseau.

- Tableau 6. – Modèle Siena du partage des connaissances comme processus cyclique : centralisation et décentralisation du réseau de conseil des juges du tribunal de commerce de Paris sur six années

<i>Variables indépendantes</i>	<i>Paramètres pour la première période (Vague 1 – Vague 2)</i>	<i>Paramètres pour la seconde période (Vague 2 – Vague 3)</i>
Paramètre de taux	22,25 (2,03)	30,58 (3,14)
Densité	– 1,74 (0,09)	– 2,23 (0,18)
Réciprocité	0,95 (0,16)	0,71 (0,13)
Transitivité	0,50 (0,04)	0,19 (0,01)
Popularité du conseiller	3,34 (0,40)	3,84 (0,25)
Activité du conseiller	– 14,44 (1,84)	– 1,86 (1,87)
3-cycles d'échange généralisé	– 0,29 (0,09)	– 0,07 (0,01)

N = 91 pour la première période et *n* = 113 pour la seconde période.
Les erreurs standards sont entre parenthèses.

L'effet négatif des trois cycles d'échange généralisé indique que la tendance à « demander conseil à des conseillers qui demandent conseil à des conseillers qui me demandent conseil » (bouclant ainsi la boucle) n'explique pas les changements observés entre les mesures du réseau de conseil. Cet effet montre, comme dans les modèles *p2* au début de ce chapitre, que les différences de statut comptent dans les demandes de conseil entre juges : encore une fois, la tendance est de ne pas demander conseil « en dessous de soi » dans la hiérarchie formelle et informelle du tribunal. L'effet intitulé « popularité du conseiller » indique que la tendance observée chez les juges à sélectionner comme conseillers des conseillers qui sont déjà beaucoup choisis par les autres juges est une tendance qui explique une part des changements observés entre les trois mesures du réseau de conseil. La force et la valeur positive de ce paramètre indiquent que cet effet est l'effet principal dans l'explication de la dynamique de cette structure relationnelle : les conseillers centraux deviennent de plus en plus centraux avec le temps. L'effet « activité du conseiller » indique l'effet de la tendance observée chez les juges à sélectionner comme conseillers des juges qui eux-mêmes demandent beaucoup conseil. Cet effet est négatif, ce qui signifie que cette tendance explique l'évolution observée du réseau en montrant que plus on consulte, moins on est consulté. Le second modèle présenté dans le tableau 6 montre l'évolution du réseau pour la seconde période de l'étude. Plus un juge est central au temps 1, plus il devient central au temps 2 ; cependant, plus un juge demande conseil, moins on lui demande conseil entre *t1* et *t2*, mais pas entre *t2* et *t3*. Ce paramètre n'est plus significatif pendant la seconde période, ce qui indique que, pendant cette seconde période, le réseau a tendance à se décentraliser. La stabilité de l'élite est affaiblie par un processus social important pour ce type d'organisation. L'autorité épistémique de l'élite vacille. Ce modèle confirme

un phénomène d'oscillation. Une phase de décentralisation du réseau de conseil succède à la phase de centralisation, signalant un processus comparable à une sorte de déstabilisation de l'élite qui assure la cohérence du cadre de référence épistémique de l'organisation et du partage des connaissances et de l'expérience. Le modèle ci-dessus n'inclut pas, pour simplifier la présentation, des effets liés aux attributs des acteurs (autres que leurs centralités), mais ces effets peuvent y être introduits. En suivant le modèle cyclique (le modèle dit de la toupie), on peut faire l'hypothèse qu'une phase de recentralisation succédera à celle de la décentralisation (Lazega, Sapulete et Mounier, 2011) [8].

Le modèle de Snijders est basé sur des postulats de départ certes discutables : tous les acteurs ont la même fonction d'utilité ; tous les acteurs perçoivent le réseau complet ; tous les acteurs sont équipés d'une capacité de calcul de la gratification/gain associés aux choix relationnels et d'une certaine myopie sur leurs effets dans le temps ; ils agissent sans coordination au départ (seul le réseau en temps t_1 définit les interdépendances). Mais il fait l'objet de travaux collectifs d'améliorations qui le rendent progressivement plus réaliste (Snijders *et al.*, 2006).

Après avoir ainsi brièvement présenté ces aperçus de statistiques de réseaux sociaux et ce que présuppose une approche longitudinale des structures relationnelles, on se contentera d'insister en conclusion sur le fait que la diversification des méthodes est également nécessaire à l'étude de l'évolution des structures relationnelles.

Notes

[1] D'autres, tenants par exemple du modèle QAP (Quadratic Assignment Procedure, Krackhardt, 1987, 1988, 1992; Dekker *et al.*, 2003), testent les différentes homophilies en préservant une dépendance de structure uniquement au niveau des acteurs (*in et out*) et au niveau dyadique, mais en cassant les dépendances triadiques. Ces modèles permettent donc d'évacuer le problème de dépendance entre les relations sans pour autant le nier.

[2] Mentionnons, cependant, que dans ce cabinet d'avocats, il n'y a que trois femmes parmi les associés, ce qui oblige à considérer ce paramètre avec prudence.

[3] C'est avec ces postulats que les dépendances structurales locales vont être endogénéisées. Pour une discussion de ces hypothèses de dépendances structurales locales endogénéisées par les acteurs et dans l'analyse, voir Pattison et Robins (2002) et Koskinen et Daraganova (2013).

[4] Voir le lien entre sociologie néostructurale et ERGM proposé par Brailly *et al.* (à paraître).

[5] Pour l'estimation des paramètres dans ces modèles et le rôle de la simulation pour la validation des paramètres estimés, voir Snijders (2002). Aujourd'hui cette estimation est implantée dans plusieurs logiciels (PNET, STATNET, SIENA, etc.). Ces modèles peuvent décomposer le jeu des interdépendances entre plusieurs types de relations différentes, leur combinatoire particulière et, par conséquent, leur importance pour une «reconstitution» du réseau observé.

[6] Une voie de recherche s'ouvre avec la mise en question de cette hypothèse d'homogénéité par l'identification de sous-populations (Pina-Stranger et Lazega, 2011) ou de sous-milieus entre

lesquels les estimateurs diffèrent.

[7] On parle d'effets endogènes parce qu'ils sont basés uniquement sur des liens de réseau. Ils sont alors «purement» structuraux parce qu'ils n'impliquent pas les attributs des acteurs ou des effets exogènes et contextuels.

[8] Pour un modèle Siena incorporant des attributs d'acteurs de la même institution, modèle plus long à décrire, voir Lazega *et al.* (2008).

Conclusion

Une nécessaire diversification des méthodes

La division du travail sophistiquée des économies et sociétés contemporaines, dans un contexte de mise en concurrence de plus en plus ouverte des individus et des organisations au fur et à mesure que l'on descend dans la hiérarchie sociale, crée des interdépendances d'une complexité inédite pour les acteurs. Par exemple dans le monde du travail, ces acteurs, individuels ou collectifs, ont besoin, pour accomplir leurs tâches, de ressources multiples et hétérogènes et de partenaires d'échanges – les sources de ces ressources – eux-mêmes de plus en plus nombreux et hétérogènes. Plus généralement, la coopération entre concurrents et la participation à l'action collective dans les ensembles organisés – par exemple dans le travail en équipe, dans les « partenariats » entre entreprises, même potentiellement concurrentes – requièrent des coordinations nouvelles et des échanges de plus en plus complexes de toutes sortes de ressources. À l'échelle de l'individu, ces ressources comprennent les moyens utiles aux fins individuelles et collectives, comme par exemple l'information, la bonne volonté des collègues, le conseil ou encore des ressources qui n'ont pas nécessairement de lien direct avec le processus de production, comme le soutien émotionnel ou la définition de la situation.

Ces interdépendances de ressources et les stratégies de la gestion de ces interdépendances peuvent se lire dans les relations que les acteurs entretiennent et dans les échanges qui prennent place dans le cadre de ces relations. Les relations apparaissent ici comme des canaux pour la circulation de ces ressources hétérogènes (sociales et marchandes) et comme le lieu d'engagements vis-à-vis de partenaires d'échange avec lesquels ces relations acquièrent une certaine régularité et stabilité. Ces engagements, faits de dettes et de créances sociales, contiennent une promesse, une obligation ou une convention morale introduisant la durée dans cet échange et présupposant un dispositif de contrôle social rendant cette promesse crédible. Traduit en termes d'analyse de réseaux, ce contexte signifie que, pour participer à (et bénéficier) des efforts collectifs, les membres doivent compter sur l'existence, dans leurs réseaux de relations, de sous-structures relationnelles (uniplexes ou multiplexes) et multilatérales, voire de formes sociales, dont le rôle est de les aider à coopérer et à échanger de manière régulière, durable et adaptée à leurs objectifs collectifs. Ces sous-structures relationnelles témoignent à leur tour de l'existence des processus fondamentaux de la vie sociale qui s'appuie sur ces échanges : la solidarité, le contrôle social, la régulation, l'apprentissage socialisateur, etc. Dès lors, le fonctionnement de ces processus sociaux peut être considéré comme un atout collectif, une composante du capital social du collectif.

La gestion des interdépendances entre acteurs passe couramment par des échanges de ressources sociales et marchandes. Or, les échanges au sein de collectifs quels qu'ils soient se prêtent aisément à une représentation en termes de réseaux sociaux. Cette gestion des interdépendances devrait donc se refléter dans les analyses des structures relationnelles qui résultent, entre autres, de ces échanges. Trop souvent, l'analyse de l'échange social en sociologie en reste à la mise au jour de formes variées d'« encastrement » social (relationnel, culturel, institutionnel) des activités économiques. L'intérêt de

L'analyse des interdépendances multilatérales et multiplexes est d'enrichir cette théorie de l'échange social intra- et interorganisationnel en dépassant la notion purement descriptive d'encastrement. Premièrement, cette approche englobe et dépasse les analyses de l'échange social en termes de don et contre-don purement dyadique. Les échanges sociaux qui paraissent purement dyadiques présupposent le plus souvent l'existence de collectifs auxquels ces dyades appartiennent. Les analyses présentées ci-dessus accèdent au niveau triadique et à des niveaux supérieurs lorsque le chercheur dispose de données suffisantes. La cartographie des analyses structurales plus classiques situe les échanges dyadiques dans un contexte plus large. Sans cette démarche, la régulation dans le monde social peut paraître plus chaotique et déficitaire qu'elle ne l'est de fait. Lorsque l'échange social est idéalisé, la régulation sociale peut être sous-estimée par une tradition maussienne (sinon par Mauss [1923] lui-même).

Deuxièmement, les analyses de « réseaux complets » font mieux que mettre en évidence les caractéristiques et combinatoires particulières des échanges sociaux intra- et interorganisationnels. Elles montrent que ces échanges, à leur tour, déclenchent ou entretiennent les processus sociaux fondamentaux de la vie sociale évoqués plus haut. Toute forme d'action collective repose sur de tels processus relevant d'une discipline sociale reconnue comme légitime par les acteurs et considérée comme faisant partie du capital social du milieu étudié.

Au terme de cette présentation très courte de l'analyse de réseaux sociaux et de son intérêt pour la sociologie contemporaine, il est utile de rappeler que les interdépendances sociales complexes ne se lisent pas seulement grâce à la formalisation. La méthode structurale doit être utilisée en conjonction avec d'autres méthodes, souvent plus « qualitatives ». Ce constat découle de la nature des données relationnelles présentées au chapitre I. D'abord, on a insisté sur le fait que le chercheur doit produire une analyse ethnographique du système relationnel qu'il étudie, ne serait-ce que pour savoir sous quel angle y aborder la circulation des ressources. Quelles sont les ressources sociales que les acteurs considèrent comme vitales et qu'ils échangent ou transfèrent dans le système d'interdépendances caractérisant leur milieu ? Cette ethnographie est indispensable, par exemple, pour la formulation de questions sociométriques pertinentes. Le sens de cette pertinence est rarement donné d'avance, sans une phénoménologie des relations étudiées – une phénoménologie qui doit cependant intégrer les notions de système d'interdépendances et de structure relationnelle. Ensuite, l'étude des arguments avancés par les personnes interrogées pour justifier tel ou tel choix sociométrique est aussi une manière « naturelle » de combiner une approche structurale et une approche plus qualitative. L'argumentation qui accompagne les choix sociométriques possède ses propres caractéristiques formelles ; mais elle permet aussi d'accéder au sens que les acteurs donnent à leurs relations, aux raisonnements des acteurs sur les engagements qu'ils prennent les uns vis-à-vis des autres et, par extension, sur les règles de production, d'échange et de contrôle dans l'action collective.

Cependant, la nécessité de combiner une approche structurale avec d'autres méthodes est plus générale. Si l'analyse de réseaux est d'abord une méthode de contextualisation de l'action, la recherche qui l'utilise doit évaluer l'effet, en aval, du contexte relationnel sur les comportements des acteurs. Pour reprendre un exemple lié au cabinet d'avocats, on peut se demander si les membres faisant partie d'un même sous-groupe cohésif dans le réseau de conseil partagent un même sens du professionnalisme. Pour le savoir, il faut demander à tous non seulement d'exprimer leurs choix sociométriques, mais aussi de s'exprimer sur le sujet du professionnalisme. Cela peut s'effectuer par

entretiens ouverts, puis – si possible – en faisant travailler les personnes interrogées sur des *scenarii* qui les confrontent à des problèmes de professionnalisme (dilemmes déontologiques, questions d'actualité pour la profession) et leur demandent de prendre position. Ensuite, on procède à une analyse de contenu de ces entretiens. On peut ainsi vérifier et interpréter l'existence d'une association entre positions dans la structure relationnelle et conceptions du professionnalisme chez les membres du cabinet. Avec des données longitudinales, on peut ensuite vérifier l'effet des structures relationnelles sur le choix ou la construction de normes spécifiques (influence au sens examiné au chap.III), puis l'effet du choix de ces normes sur les choix relationnels (sélection au sens examiné au chap. III). Culture et structure deviennent des facteurs de changement l'une pour l'autre – une caractéristique générale, et désormais mesurable, du processus de régulation sociale.

Il ne s'agit pas de promouvoir un éclectisme méthodologique ignorant l'existence de présupposés théoriques opposés concernant les phénomènes sociaux. La méthode structurale n'est pas un trait d'union magique entre positivisme quantitatif et phénoménologie interprétative. Cependant, si les écoles s'opposent, le couplage entre paradigmes et méthodes n'est jamais aussi rigide que ne le suggèrent bien des sociologies actuelles. La conception de la contextualisation des comportements présentée dans cet ouvrage ne dissout pas les différences entre méthodes quantitatives et méthodes qualitatives. Mais elle montre les limites et le manque de réalisme d'une opposition radicale des procédures : les données utiles au sociologue sont construites aussi bien par les questions posées par le chercheur que par l'expérience des personnes interrogées et par la situation de l'entretien. Aucune recherche empirique n'appartient exclusivement à l'un ou l'autre « camp ». Dans l'expérience de la recherche, contextes, processus, comportements, représentations appartiennent de fait à la même réalité sociale. Les mélanges de méthodes et de procédures sont donc à la fois souhaitables et incontournables. Bien que, comme toute méthode, l'analyse de « réseaux complets » soit porteuse de questions spécifiques (liées aux processus sociaux comme la socialisation, l'apprentissage, la solidarité, le contrôle, la régulation), la diversification des méthodes procède autant d'un réalisme de la recherche que d'un réalisme social. Il s'agit donc, au terme de cet ouvrage, d'encourager les manières les plus imaginatives de procéder à ce mélange inévitable d'approches.

On trouvera des exemples de cette nécessaire diversification des méthodes et de la flexibilité de l'analyse structurale dans les proximités de l'analyse de réseaux sociaux avec les théories de l'action collective, en particulier avec la sociologie des organisations et l'analyse stratégique « à la française » [1]. Pour construire une sociologie de la société organisationnelle, le sociologue doit s'intéresser de manière spécifique au niveau mésosocial des phénomènes sociaux et à ses formalisations. Les enquêtes originales sur les interdépendances multiniveaux (entre individus, organisations, etc.), l'analyse secondaire de fichiers publics et privés plus standards, ainsi que la recherche méthodologique, constituent ensemble les moyens les plus prometteurs de ce programme. Il est vrai aussi que la recherche empirique qui s'appuie sur l'étude des réseaux « complets » est onéreuse, risquée, exigeante d'un point de vue déontologique.

Il faut encore, à cet égard, rappeler que la production de la connaissance fondamentale sur le niveau mésosocial et sur la manière dont ses acteurs se mobilisent pour construire le niveau macrosocial (Lazega, 2012) n'est pas l'apanage exclusif des universités et organismes de recherche publique. Les administrations publiques (police, armée) et les sociétés privées (pour leur marketing, surveillance interne, recrutement, conseil stratégique, R & D des grands groupes) utilisent l'analyse de réseaux

sociaux de manière de plus en plus intensive. Elles construisent et exploitent des bases de données relationnelles de plus en plus précises et gigantesques (Lazega et Prieur, 2013) qui leur permettent d'avoir une connaissance sophistiquée des interdépendances économiques et sociales entre acteurs individuels et/ou organisationnels – voire de développer les techniques de passage à l'échelle (*zooming in* et *zooming out*) qui renouvellent le sens du terme « contrôle social ». Il est de la responsabilité des sciences sociales de ne pas laisser aux élites et à leurs agents le soin exclusif de produire une connaissance de plus en plus systématique sur les interdépendances et leur gestion, les processus sociaux et leur pilotage, aussi bien dans les lieux où le pouvoir est concentré que dans la vie des communautés locales et des collectifs de manière plus générale. La sociologie académique, c'est là une de ses responsabilités dans une société organisationnelle, ne peut abandonner aux élites les connaissances nécessaires à la définition et à la protection de l'intérêt général. L'un des moyens est de ne pas reculer devant la difficulté de l'application de méthodes qui permettent l'étude systématique du niveau mésosocial. Étudier les réseaux des collectifs qui concentrent des pouvoirs, c'est déjà le début de l'exercice d'un contre-pouvoir.

En conclusion, l'analyse des réseaux sociaux est une méthode sociologique rigoureuse de modélisation, le plus souvent inductive, de structures relationnelles. Elle est utilisée comme méthode de contextualisation des comportements. À ce titre, quel que soit le phénomène social étudié par le sociologue, une approche structurale est possible si ce phénomène a une dimension relationnelle observable de manière systématique. Elle met à la disposition de tous des moyens de connaissance de systèmes d'échanges et de solidarités souvent peu visibles. En ce sens, l'usage que l'on en fait est fortement dépendant de l'éthique du chercheur.

La littérature méthodologique qui porte le nom de *network analysis* a fait l'objet de critiques, parfois méritées, l'accusant d'avoir développé cette forme d'analyse plutôt comme boîte à outils techniques que comme instrument au service d'une théorie de l'action collective. Nous avons essayé de montrer que cette articulation était possible et souhaitable. Certes, cette méthode a une spécificité ; elle permet, mieux que toute autre, de décrire des mécanismes qui démontrent l'existence de solutions structurales à des problèmes structuraux d'action collective. Mais en pratique, elle ne se suffit pas à elle-même dans l'étude du fonctionnement des ensembles sociaux. Aussi bien au moment du choix des questions à poser, de la définition des indicateurs de la structure relationnelle, que de l'interprétation des résultats, une théorie plus générale de l'action individuelle et collective ainsi qu'une connaissance qualitative approfondie et quasi ethnographique du terrain et des processus étudiés sont indispensables au sociologue qui l'utilise. L'étude structurale de l'action individuelle et collective passe nécessairement par des combinaisons de données relationnelles et de données plus qualitatives, c'est-à-dire par une diversification des méthodes. Les théories offrant une connaissance approfondie des phénomènes sociaux diversifient toujours leurs procédures d'approche empirique.

On peut faire le pari que les sciences sociales sauront de plus en plus exploiter le potentiel scientifique et critique de leurs méthodes d'analyses structurales, d'autant que d'autres disciplines (la physique statistique, la biologie, l'informatique, les sciences dites de la complexité, etc.) pratiquent et développent leurs propres formalismes d'analyse de réseaux sociaux et organisationnels pour produire des discours différents – et très écoutés – sur la vie en société. La diversification des méthodes devient incontournable dans ce contexte où tout pousse à une interdisciplinarité qui laisse souvent perplexe et où tout, ou presque, reste à faire.

Notes

[1] Sur les rapports entre analyse de réseaux et analyse stratégique, voir Lemieux (1979, 1982), Lazega (1994, 2001). L'approche présentée ici trouve toute sa justification dans le fait que nous vivons dans une société organisationnelle et que les réseaux sociaux n'ont aucun sens, autre que métaphorique, sans l'étude des appareils formels qui structurent le niveau mésosocial dans cette société.

Bibliographie

- Alba R. D., Kadushin C., « The Intersection of Social Circles: a New Measure of Social Proximity in Networks », *Social Methods and Research*, 1976, 5, p. 77-102.
- Ansell C. K., Padgett J. F., « Robust Action and the Rise of the Medici, 1400-1434 », *American Journal of Sociology*, 1989, 98, p. 1259-1319.
- Arabie P., Boorman S. A., Levitt P. R., « Constructing Blockmodels: how and why », *Journal of Mathematical Psychology*, 1978, 17, p. 21-63.
- Batagelj V., Doreian P., Ferligoj A., « Direct and Indirect Methods for Structural Equivalence », *Social Networks*, 1992, 14, p. 63-90.
- « Optimizational Approach to Blockmodeling », *Journal of Computing and Information Technology*, 1996, 4, p. 225-233.
- *Generalized Blockmodeling*, Cambridge, Cambridge University Press, 2005.
- Batagelj V., Mrvar A., « pajek-Program for Large Network Analysis », *Connections*, 1998, 21, p. 47-57.
- Batagelj V., De Nooy W., Mrvar A., *Exploratory Network Analysis with Pajek*, Cambridge, Cambridge University Press, 2005.
- Bearman P., « Generalized Exchange », *American Journal of Sociology*, 1997, 102, p. 1383-1415.
- Berkowitz S. D., *An Introduction to Structural Analysis*, Toronto, Butterworth, 1982.
- Bernard H. R., Killworth P. D., Sailer L., « Summary of Research on Informant Accuracy in Network Data, and on the Reverse Small World Problem », *Connections*, 1981, 4, p. 11-25.
- Bidart C., *L'Amitié : un lien social*, Paris, La Découverte, 1997.
- Bidart C., Degenne A., Grossetti M., *La Vie en réseau : dynamique des relations sociales*, Paris, Puf, 2011.
- Bienenstock E. J., Bonacich P., « Game Theory Models for Exchange Networks: Experimental Results », *Sociological Perspectives*, 1993, 36, p. 117-135.
- Blau P. M., *Exchange and Power in Social Life*, New York, John Wiley, 1964.
- « Multilevel Structural Analysis », *Social Networks*, 1993, 15, p. 201-215.

- Boissevain J., *Friends of Friends: Networks, Manipulators and Coalitions*, Oxford, Basil Blackwell, 1974.
- Bolland J. M., « Sorting out Centrality: an Analysis of the Performance of Four Centrality Models in Real and Simulated Networks », *Social Networks*, 1988, 10, p. 233-253.
- Bonacich P., « Power and Centrality: a Family of Measures », *American Journal of Sociology*, 1987, 92, p. 1170-1182.
- Boorman S. A., White H. C., « Social Structure from Multiple Networks II. Role Structures », *American Journal of Sociology*, 1976, 81, p. 1384-1446.
- Borgatti S. P., Everett M. G., Shirey P., « Is Sets, Lambda Sets and Other Cohesive Subsets », *Social Networks*, 1990, 12, p. 337-357.
- Borgatti S. P., Everett M. G., « Regular Blockmodels of Multiway, Multimode Matrices », *Social Networks*, 1992, 14, p. 91-120.
- « Models of Core/Periphery Structures », *Social Networks*, 1999, 21, p. 375-395.
- Borgatti S., Everett M. G., Freeman L., *ucinet 6*, Boston, Analytic Technologies, 2005.
- Bourdieu P., « Le capital social : notes provisoires », *Actes de la recherche en sciences sociales*, 1980, 3, p. 2-3.
- Boyd J. P., *Social Semigroups: a Unified Theory of Scaling and Blockmodelling as Applied to Social Networks*, Fairfax, va, George Mason University Press, 1990.
- Brailly J., Favre G., Eloire F., Pina-Stranger A., Lazega E., *La Structure et l'action : une réponse de la sociologie néostructurale par le prisme des modèles ERGM*, 2013 (actes du colloque à paraître).
- Brailly J., Lazega E., « Diversité des approches de la modélisation multiniveaux en analyses de réseaux sociaux et organisationnels », *Mathématiques et Sciences humaines*, 2012, 198, p. 5-32.
- Brandes U., Ehrlebach T. (eds.), *Network Analysis: Methodological Foundations*, Springer-Verlag, 2005.
- Brass D. J., Burkhardt M. E., « Centrality and Power in Organizations », in N. Nohria, R. G. Eccles (eds.), *Networks and Organizations*, Boston, ma, Harvard Business School Press, 1992.
- Breiger R. L., « The Duality of Persons and Groups », *Social Forces*, 1974, 53, p. 181-190.
- Breiger R. L., Arabie P., Boorman S. A., « An Algorithm for Clustering Relational Data with Application to Social Network Analysis and Comparison with Multidimensional Scaling », *Journal of Mathematical Psychology*, 1975, 12, p. 328-383.
- Breiger R. L., Ennis J., « Generalized Exchange in Social Networks: Statistics and Structure »,

L'Année sociologique, 1997, 47, p. 73-88.

Brint S., « Hidden Meanings: Cultural Content and Context in Harrison White's Structural Sociology », *Sociological Theory*, 1992, 10, p. 194-208.

Burt R. S., « Positions in Networks », *Social Forces*, 1976, 55, p. 93-122.

– *Toward a Structural Theory of Action*, New York, Academic Press, 1982.

– « Social Contagion and Innovation: Cohesion versus Structural Equivalence », *American Journal of Sociology*, 1987, 92, p. 1287-1335.

– *Structure 4. 2*, Center for the Social Sciences, New York, Columbia University, 1991.

– *Structural Holes: the Social Structure of Competition*, Cambridge, ma, Harvard University Press, 1992.

– « Le capital social, les trous structuraux et l'entrepreneur », *Revue française de sociologie*, 1995, 36, p. 599-628.

– « A Note on Social Capital and Network Content », *Social Networks*, 1997, 19, p. 355-373.

– *Brokerage and Closure*, New York, Oxford University Press, 2005.

Burt R. S., Minor M. J., *Applied Network Analysis*, Beverly Hills, Sage, 1983.

Carrington P. J., Scott J., Wasserman S., *Models and Methods in Social Network Analysis*, Cambridge University Press, 2005.

Carrington P. J., Scott J., *The Sage Handbook of Social Network Analysis*, London, Sage, 2011.

Coenen-Huther J., Kellerhals J., Allmen M. von, *Les Réseaux de solidarité dans la famille*, Lausanne, Réalités sociales, 1994.

Coleman J. S., *Foundations of Social Theory*, Cambridge, ma, Harvard University Press, 1990.

Coleman J. S., Katz E., Menzel H., « The Diffusion of an Innovation among Physicians », *Sociometry*, 1957, 20, p. 253-270.

Comet C., « Capital social et profits des artisans du bâtiment : le poids des incertitudes sociotechniques », *Revue française de sociologie*, 2007, 48, p. 67-91.

Cook K. S., Emerson R. M., Gillmore M. R., Yamagishi T., « The Distribution of Power in N-Person Exchange Networks: Theory and Experimental Results », *American Journal of Sociology*, 1983, 89, p. 275-305.

Crozier M., Friedberg E., *L'Acteur et le Système*, Paris, Le Seuil, 1977.

- Degenne A., Vergès P., « Introduction à l'analyse des similitudes », *Revue française de sociologie*, 1973, 14, p. 471-512.
- Degenne A., Forsé M., *Les Réseaux sociaux*, Paris, Armand Colin, 1994.
- De Graaf N. D., Hendrik D. Flap, « With a Little Help from My Friends: Social Resources as an Explanation of Occupational Status and Income in the Netherlands, the United States, and West-Germany », *Social Forces*, 1988, 67, p. 453-472.
- Dekker D., Krackhardt D., Snijders T. A. B., « Sensitivity of MRQAP Tests to Collinearity and Autocorrelation Conditions », *Psychometrika*, 2003, 72, p. 563-581.
- DiMaggio P., « Nadel's Paradox Revisited: Relational and Cultural Aspects of Organizational Culture », in N. Nohria, R. G. Eccles (eds.), 1992.
- Doreian P., « Equivalence in a Social Network », *Journal of Mathematical Sociology*, 1988, 13, p. 243-282.
- Doreian P., Stokman F. (eds.), *Evolution of Social Networks*, Amsterdam, Gordon & Breach, 1997.
- Eccles R. G., Nohria N. (eds.), *Networks and Organizations*, Boston, Harvard Business School Press, 1992.
- Ekeh P., *Social Exchange Theory: the Two Traditions*, Cambridge, ma, Harvard University Press, 1976.
- Elliott P., Robins G., Pattison P., « Network Models for Social Influence Processes », *Psychometrika*, 2001, 66, p. 161-190.
- Eloire F., Penalva-Icher E., Lazega E., « Les réseaux complets en question : apports et limites de l'analyse des réseaux sociaux en milieu interorganisationnel », *Terrains & Travaux*, 2011, 19, p. 77-98.
- Emerson R. M., « Exchange Theory, Part II: Exchange Relations and Networks », in J. Berger, M. Zelditch Jr., B. Anderson (eds.), *Sociological Theories in Progress*, vol. 2, Boston, Houghton-Mifflin, 1972, p. 38-87.
- Erickson B. H., « Some Problems of Inference from Chain Data », in K. F. Schuessler (ed.), *Sociological Methodology*, 1979, p. 276-302.
- Everett M. G., « Role Similarity and Complexity in Social Networks », *Social Networks*, 1985, 7, p. 353-359.
- Everett M. G., Borgatti S. P., « The Centrality of Groups and Classes », *Journal of Mathematical Sociology*, 1999, 23(3), p. 181-201.
- Favereau O., Lazega E. (eds.), *Conventions and Structures in Economic Organization: Markets*,

Networks, and Hierarchies, Cheltenham, Royaume-Uni, Edward Elgar Publishing, 2002.

Federico A. (de), « L'analyse longitudinale de réseaux sociaux totaux avec siena – Méthode, discussion et application », Bulletin de méthodologie sociologique, 2004, 84, p. 5-39.

Ferligoj A., Hlebec V., « Evaluation of Social Network Measurement Instruments », Social Networks, 1999, 21, p. 111-130.

Fernandez R., Gould R., « Structures of Mediation: a Formal Approach to Brokerage in Transaction Networks », Sociological Methodology, 1989, 19, p. 89-126.

Ferrand A., Klovdahl A. S. et Mounier L., « The Challenge of Social Network Research in France », bms, 1994, 43, p. 74-90.

Ferrand A., « La structure des systèmes de relations », L'Année sociologique, 1997, 47, p. 37-54.

– Confidents. Une analyse structurale des réseaux sociaux, Paris, L'Harmattan, 2007.

Flament C., Théorie des graphes et structure sociale, Paris-La Haye, Mouton-Gauthier-Villars, 1965.

Frank K. E., « Identifying Cohesive Subgroups », Social Networks, 1954, 17, p. 27-56.

Frank O., « Random Sampling and Social Networks: a Survey of Various Approaches », Mathématiques, informatique et sciences humaines, 1988, 26, p. 19-33.

Frank O., Strauss D., « Markov Graphs », Journal of the American Statistical Association, 1986, 81, p. 832-842.

Frank O., Snijders T. A. B., « Estimating the Size of Hidden Populations Using Snowball Sampling », Journal of Official Statistics, 1994, 10, p. 53-67.

Freeman L. C., « Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification », Social Networks, 1979, 1, p. 215-239.

– « Un modèle de la structure des interactions dans les groupes », Revue française de sociologie, 1995, 36, p. 743-757.

– The Development of Social Network Analysis: a Study in the Sociology of Science, North Charleston (SC), BookSurge, 2004.

Friedberg E., Le Pouvoir et la Règle, Paris, Le Seuil, 1993.

Friedkin N., « The Development of Structure in Random Networks: an Analysis of the Effects of Increasing Network Density on Five Measures of Structure », Social Networks, 1981, 3, p. 41-52.

Granovetter M. S., « The Strength of Weak Ties », American Journal of Sociology, 1973, 78, p. 1360-1380.

- « Network Sampling: some First Steps », *American Journal of Sociology*, 1976, 81, p. 1267-1303.
- Hammer M., « Implications of Behavioral and Cognitive Reciprocity in Social Network Data », *Social Networks*, 1985, 7, p. 189-201.
- Hennig M., Brandes U., Pfeffer J., Mergel I., *Studying Social Networks: a Guide to Empirical Research*, Campus-Verlag, 2012.
- Holland P. W., Leinhardt S., « The Structural Implications of Measurement Error in Sociometry », *Journal of Mathematical Sociology*, 1973, 3, p. 85-111.
- « An Exponential Family of Probability Distributions for Directed Graphs (with Discussion) », *Journal of the American Statistical Association*, 1981, 76, p. 33-65.
- Huisman M., Snijders T. A. B., « Statistical Analysis of Longitudinal Network Data with Changing Composition », *Sociological Methods & Research*, 2003, 32, p. 253-287.
- Hummell H., Sodeur W., « Strukturbeschreibung von Positionen in sozialen Beziehungsnetze », in F. U. Pappi (ed.), *Methoden der Netzwerkanalyse*, Munich, Oldenbourg, 1987.
- Ikeda M., Strauss D., « Pseudolikelihood Estimation for Social Networks », *Journal of the American Statistical Association*, 1990, 85, p. 204-212.
- Katz L., « A New Status Index Derived from Sociometric Analysis », *Psychometrika*, 1953, 18, p. 249-256.
- Parcel T. L., Kaufman R. L., Leeann J., « Going up the Ladder: Multiplicity Sampling to Create Linked Macro-to-Micro Organizational Samples », in P. Marsden (ed.), *Sociological Methodology*, Oxford, Basil Blackwell, 1991, p. 43-79.
- Krackhardt D., « Cognitive Social Structures », *Social Networks*, 1987, 9, p. 109-134.
- « A Caveat on the Use of the Quadratic Assignment Procedure », *Journal of Quantitative Anthropology*, 1992, 3, p. 279-296.
- « QAP Partialling as a Test of Spuriousness », *Social Networks*, 1987, 9, p. 171-186.
- « Predicting with Networks: Non-Parametric Multiple Regression Analysis of Dyadic Data », *Social Networks*, 1988, 10, p. 359-381.
- « Assessing the Political Landscape: Structure, Cognition, and Power in Organizations », *Administrative Science Quarterly*, 1990, 35, p. 342-369.
- Kumbasar E., Romney A. K., Batchelder W. H., « Systematic Biases in Social Perception », *American Journal of Sociology*, 1994, 100, p. 477-505.
- Laumann E. O., « Friends of Urban Men: an Assessment of Accuracy in Reporting Their

Socioeconomic Attributes, Mutual Choice, and Attitude Agreement », *Sociometry*, 1969, 32, p. 54-69.

Laumann E. O., Marsden P. V., Prensky D., « The Boundary Specification Problem in Network Analysis », in R. S. Burt, M. J. Minor, 1983.

Lazega E., « Analyse de réseaux et sociologie des organisations », *Revue française de sociologie*, 1994, 35, p. 293-320.

– « Arrangements contractuels et structures relationnelles », *Revue française de sociologie*, 1996, 36, p. 439-456.

– « Network Analysis and Qualitative Research: a Method of Contextualization », in G. Miller, R. Dingwall (eds.), *Context and Method in Qualitative Research*, Londres, Sage, 1997.

– *The Collegial Phenomenon: the Social Mechanisms of Cooperation among Peers in a Corporate Law Partnership*, Oxford, Oxford University Press, 2001.

– « Rationalité, discipline sociale et structure », *Revue française de sociologie*, 2003, 44, p. 305-330.

– « Échanges socio-économiques et analyses de réseaux », in N. Alter (éd.), *La Sociologie du monde du travail*, Paris, Puf, 2006.

– « Capital social, processus sociaux et capacité d'action collective », in A. Bevort, M. Lallement (éds.), *Capital social : échanges, réciprocité, équité*, Paris, La Découverte, 2006, p. 213-225.

– « Sociologie néostructurale », in R. Keucheyan, G. Bronner (éds.), *Introduction à la théorie sociale contemporaine*, Paris, Puf, 2012 a, p. 113-128.

– « Analyses de réseaux et classes sociales », *Revue française de socio- économie*, 2012 b, 10, p. 273-279.

Lazega E., Van Duijn M., « Position in Formal Structure, Personal Characteristics and Choices of Advisors in a Law Firm: a Logistic Regression Model for Dyadic Network Data », *Social Networks*, 1997, 19, p. 375-397.

Lazega E., Pattison P. E., « Multiplexity, Generalized Exchange and Cooperation in Organizations: A Case Study », *Social Networks*, 1999, 21, p. 67-90.

Lazega E., Mounier L., « Interdependent Entrepreneurs and the Social Discipline of Their Cooperation: the Research Program of Structural Economic Sociology for a Society of Organizations », in O. Favereau, E. Lazega (eds.), *Conventions and Structures in Economic Organization: Markets, Networks, and Hierarchies*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2002, p. 147-199.

Lazega E., Lemercier C., Mounier L., « A Spinning Top Model of Formal Structure and Informal Behavior: Dynamics of Advice Networks in a Commercial Court », *European Management Review*,

2006, 3, p. 113-122.

Lazega E., Jourda M.-T., Mounier L., Stofer R., « Des poissons et des mares : l'analyse de réseaux multiniveaux », *Revue française de sociologie*, 2007, vol. 48, no 1, p. 93-131.

Lazega E., Mounier L., Snijders T., Tubaro P., « Réseaux et controverses : de l'effet des normes sur la dynamique des structures », *Revue française de sociologie*, 2008, 49, p. 467-498.

Lazega E., Sapulete S., Mounier L., « Structural Stability Regardless of Membership Turnover? The Added Value of Blockmodelling in the Analysis of Network Evolution », *Quality & Quantity*, 45, 2011, p. 129-144.

Lazega E., Mounier L., Snijders T. and Tubaro P., « Norms, Status and the Dynamics of Advice Networks », *Social Networks*, 2012, 34, p. 323-332.

Lazega E., Jourda M.-T., Mounier L., « Network Lift from Dual Alters: Extended Opportunity Structures from a Multilevel and Structural Perspective », *European Sociological Review*, 2013, 24 [en ligne].

Lazega E., Prieur C., « Sociologie néostructurale, disciplines sociales et systèmes complexes », *Revue Sciences/Lettres*, 2013.

Leenders R. T. A. J., « Models for Network Dynamics: a Markovian Framework », *Journal of Mathematical Sociology*, 1995, 20, p. 1-21.

Leinhardt S. (ed.), *Social Networks. A Developing Paradigm*, New York, Academic Press, 1977.

Lemercier C., « Analyse de réseaux et histoire », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 2005, 52, p. 88-112.

Lemieux V., *Les Cheminements de l'influence*, Sainte-Foy, Canada, Presses Universitaires Laval, 1979.

– *Réseaux et appareils. Logique des systèmes et langage des graphes*, Paris, Maloine, 1982.

Lévi-Strauss C., *Les Formes élémentaires de la parenté*, Paris, Plon, 1949.

Lewis A. A., « A Note on Degrees of Presentation of Games as Relational Structures », *Mathematical Social Sciences*, 1990, 19, p. 195-201.

Lin N., « Les ressources sociales : une théorie du capital social », *Revue française de sociologie*, 1995, 36, p. 685-704.

Lorrain F., White H. C., « Structural Equivalence of Individuals in Social Networks », *Journal of Mathematical Sociology*, 1971, 1, p. 49-80.

Lozares C., Verd J. M., Cruz I., Barranco O., « Homophily and Heterophily in Personal Networks:

from Mutual Acquaintance to Relationship Intensity », *Quality & Quantity* (à paraître).

Lubbers M. J., Molina J. L., Lerner J., Brandes U., Avila J., McCarty C., « Longitudinal Analysis of Personal Networks: the Case of Argentinean Migrants in Spain », *Social Networks*, 2010, 32, p. 91-104.

Lusher D., Koskinen J., Robins G., *Exponential Random Graph Models for Social Networks: Theory, Methods, and Applications*, Cambridge University Press, 2012.

Markovsky B., Willer D., Patton T., « Power Relations in Exchange Networks », *American Sociological Review*, 1988, 53, p. 220-236.

Marsden P. V., « Brokerage Behavior in Restricted Exchange Networks », in P. V. Marsden, N. Lin (eds.), *Social Structure and Network Analysis*, Beverly Hills, ca, Sage, 1982.

Marsden P. V., « Network Data and Measurement », *Annual Review of Sociology*, 1990, 16, p. 435-463.

Marsden P. V., Lin N. (eds.), *Social Structure and Network Analysis*, Beverly Hills, ca, Sage, 1982.

Marsden P. V., Friedkin N. E., « Network Studies of Social Influence », *Sociological Methods and Research*, 1993, 22, p. 127-151.

Mauss M., « Essai sur le don : forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques », *L'Année sociologique*, seconde série, 1923-1924, t. I, 1923.

McPherson J. Miller, « An Ecology of Affiliation », *American Sociological Review*, 1983, 48, p. 519-532.

McCulloh I., Armstrong H., Johnson A., *Social Network Analysis with Applications*, Wiley, 2013.

Mintz B., Schwartz M., *The Power Structure of American Business*, Chicago, University of Chicago Press, 1985.

Mizruchi M. S., « Social Network Analysis: Recent Achievements and Current Controversies », *Acta Sociologica*, 1994, 37, p. 329-343.

Mizruchi M. S., Schwartz M. (eds.), *Intercorporate Relations*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987, p. 187-207.

Nadel S. F., *The Theory of Social Structure*, London, Cohen & West, 1957 ; traduit en français : *Le Sens commun*, Paris, Éd. de Minuit, 1970.

Parlebas P., *Sociométrie, Réseaux et Communication*, Paris, Puf, 1992.

Pappi F. U., König T., « Les organisations centrales dans les réseaux du domaine politique : une comparaison Allemagne-États-Unis dans le champ de la politique du travail », *Revue française de*

sociologie, 1995, 36, p. 725-742.

Pattison P., « The Analysis of Semigroups of Multirelational Systems », *Journal of Mathematical Psychology*, 1982, 25, p. 87-118.

Pattison P., *Algebraic Models for Social Networks*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993.

– Wasserman S., Robins G., Kanfer A., « Statistical Evaluation of Algebraic Constraints for Social Networks », *Journal of Mathematical Psychology*, 2000, 44, p. 536-568.

Pattison P., Robins G. L., « Neighborhood-Based Models for Social Networks », *Sociological Methodology*, 2002, 32, p. 300-337.

Piña-Stranger, Á. et Lazega, E. (2011), « Bringing personalized ties back in: Their added value for biotech entrepreneurs and venture capitalists interorganizational networks », *The Sociological Quarterly*, 52:268-292.

Powell W. W., « Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization », in L. L. Cummings, B. Shaw (eds.), *Research in Organizational Behavior*, Greenwich, ct, jai Press, 1990, vol. 12.

Prell C., *Social Network Analysis*, Sage, 2011.

Reitz K. P., White D. R., « Graph and Semigroup Homomorphisms on Networks of Relations », *Social Networks*, 1983, 5, p. 193-234.

Reynaud J.-D., *Les Règles du jeu*, Paris, Armand Colin, 1989.

Revue française de sociologie, numéro spécial Analyses de réseaux et structures relationnelles, 1995, vol. 36.

Revue française de sociologie, numéro spécial Dynamique des réseaux sociaux, 2008, vol. 49.

Rossi P., « Vignette Analysis: Uncovering the Normative Structure of Complex Judgments », in R. Merton, J. Coleman, P. Rossi (eds.), *Qualitative and Quantitative Social Research. Papers in Honor of Paul Lazarsfeld*, New York, Macmillan, 1979.

Robins G. L., Pattison P., « Building Models for Social Space: Neighborhood-Based Models for Social Networks and Affiliation Structures », *Mathématiques et sciences humaines*, 2004, 4, p. 11-29.

Robins G. L., Pattison P., Woolcock J., « Models for Social Networks with Missing Data », *Social Networks*, 2004, 26, p. 257-283.

– « Small and Other Worlds: Global Network Structures from Local Processes », *American Journal of Sociology*, 2005, 110, p. 894-936.

Robins G. L., Kalish Y., Lusher D., Pattison P., « An Introduction to Exponential Random Graph (p^*)

Models for Social Networks », *Social Networks*, 2006.

Robins G. L., Snijders T. A. B., Wang P., Handcock M., Pattison P., « Recent Developments in Exponential Random Graph (p*) Models for Social Networks », *Social Networks*, 2007, 29, p. 192-215.

Romney A. K., Freeman L. C., Freeman S. C., « Cognitive Structure and Informant Accuracy », *American Anthropologist*, 1987, 89, p. 310-325.

Sabidussi G., « The Centrality Index of a Graph », *Psychometrika*, 1966, 31, p. 581-603.

Scharpf F. W. (ed.), *Games in Hierarchies and Networks*, Frankfurt am Main, Campus Verlag, 1993.

Shulman N., « Network Analysis: a New Addition to an Old Bag of Tricks », *Acta Sociologica*, 1976, 19, p. 307-323.

Snijders T. A. B., « The Degree Variance: an Index of Graph Heterogeneity », *Social Networks*, 1981, 3, p. 163-174.

– « Estimation on the Basis of Snowball Samples: how to Weight », *Bulletin de méthodologie sociologique*, 1992, 36, p. 59-70.

– « Methods for Longitudinal Social Network Data », in E. M. Tiit, T. Kollo, H. Niemi (eds.), *New Trends in Probability and Statistics*, Utrecht, Hollande, vsp, 1995, vol. 3, p. 21-227.

– « Stochastic Actor-Oriented Models for Network Change », *Journal of Mathematical Sociology*, 1996, 21, p. 149-172.

Snijders T. A. B., Van Duijn M., « Simulation for Statistical Inference in Dynamic Network Models », in R. Conte, R. Hegselmann, P. Terna (eds.), *Simulating Social Phenomena*, Berlin, Springer, 1997, p. 493-512.

– « The Statistical Evaluation of Social Network Dynamics », *Sociological Methodology*, 2001, p. 361-395.

– « Models for Longitudinal Network Data », chap. 11, in P. Carrington, J. Scott, S. Wasserman (eds.), *Models and Methods in Social Network Analysis*, Cambridge, ma, Cambridge University Press, 2005.

Snijders T., Baerveldt C., « A Multilevel Network Study of the Effects of Delinquent Behaviour on Friendship Evolution », *Journal of Mathematical Sociology*, 2003, 27(2-3), p. 123-151.

Snijders T. A. B., Van Duijn M., Zijlstra B. J. H., « The Multilevel p2 Model –a Random Effects Model for the Analysis of Multiple Social Networks, *Methodology*, 2006, 2, p. 42-47.

Snijders T. A. B., Steglich C. E., Schweinberger M., « Modeling the Co-Evolution of Networks and Behavior », in *Longitudinal Models in the Behavioral and Related Sciences*, edited by K. Van

Montfort, H. Oud, A. Satorra, Lawrence Erlbaum Associates, 2006.

Snijders T. A. B., Handcock M., Pattison P., Robins G. L., « New Specifications for Exponential Random Graph Models », *Sociological Methodology*, 2006, 36, p. 99-153.

Snijders T. A. B., Stokman F. N., Van Duijn M., *Stocnet* 1. 7, programma, University of Groningen, <http://stat.gamma.rug.nl/stocnet/>, 2007.

Spreen M., « Rare Populations, Hidden Populations, and Link-Tracing Designs: what and why? », *Bulletin de méthodologie sociologique*, 1992, 36, p. 34-58.

Stinchcombe A. L., « An Outsider's View of Network Analyses of Power », in Perucci, Potter (eds.), 1989.

Stokman F. N., Zeggelink E. P. H., « Is Politics Power or Policy Oriented? A Comparative Analysis of Dynamic Access Models in Policy Networks », *Journal of Mathematical Sociology*, 1993, 21, p. 77-111.

Tubaro P., Casilli A., Mounier L., « Eliciting Personal Network Data in Web Surveys through Participant-Generated Sociograms », *Field Methods*, 26(2), 2014 (à paraître).

Valente T., *Network Models of the Diffusion of Innovations*, Hampton Press, 1995.

Van de Bunt G., « The Challenge of (Longitudinal) Intra-Organisational Social Network Research (in the Netherlands) », *Bulletin de méthodologie sociologique*, 1997, 56, p. 50-70.

Van Duijn M., « Estimation of a Random Effects Model for Directed Graphs », in *Toeval zit Overall Programmatuur voor Random-Coëfficiënt Modellen*, Zevende Symposium Statistische Software, Groningen, PROgamma, 1995.

Van Duijn M., Snijders T. A. B., Zijlstra B. J. H., « P2: a Random Effects Model with Covariates for Directed Graphs », *Statistica Neerlandica*, 2004, 58, p. 234-254.

Wang Y. J., Wong G. Y., « Stochastic Blockmodels for Directed Graphs », *Journal of the American Statistical Association*, 1987, 82, p. 8-19.

Wang P., Robins G. L., Pattison P. E., *PNet: a Program for the Simulation and Estimation of Exponential Random Graph Models*, School of Behaviour Science, University of Melbourne, 2006, URL <http://www.sna.unimelb.edu.au/pnet/pnet.html>.

Wang P., Robins G., Pattison P., Lazega E., « Exponential Random Graph Models for Multilevel Networks », *Social Networks*, 2013, 35, p. 96-115.

Wasserman S., « A Stochastic Model for Directed Graphs with Transition Rates Determined by Reciprocity », *Sociological Methodology* 1980, San Francisco, Jossey Bass, 1979.

Wasserman S., Faust K., *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge,

Cambridge University Press, 1994 et rééditions.

Wasserman S., Pattison P., « Logit Models and Logistic Regressions for Social Networks, I: an Introduction to Markov Graphs and p^* », *Psychometrika*, 1996, 61, p. 401-425.

– « Logit Models and Logistic Regressions for Social Networks, II: Multivariate Relationships », *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 1999, 52, p. 169-193.

Wellman B., Berkowitz S. D. (eds.), *Social Structures: a Network Approach*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

White H. C., *Chains of Opportunity: System Models of Mobility in Organizations*, Cambridge, ma, Harvard University Press, 1970.

– *Identity and Control: a Structural Theory of Social Action*, Princeton, Princeton University Press, 1992.

White H. C., Boorman S. A., Breiger R. L., « Social Structure from Multiple Networks I. Blockmodels of Roles and Positions », *American Journal of Sociology*, 1976, 81, p. 730-870.

White D. R., Reitz K. P., « Rethinking the Role Concept: Homomorphisms on Social Networks », in L. C. Freeman, D. R. White, A. K. Romney (eds.), *Research Methods in Social Network Analysis*, New Brunswick, Transaction Publishers, 1989.

Winship C., Mandel M., « Roles and Positions: a Critique and Extension of the Blockmodeling Approach », in S. Leinhardt (ed.), *Sociological Methodology 1983-1984*, San Francisco, Jossey Bass, 1984.

Yamagishi T., Cook K. S., Gillmore M. R., « Network Connections and the Distribution of Power in Exchange Networks », *American Journal of Sociology*, 1988, 93, p. 833-851.

Zeggelink E. P. H., « Dynamics of Structure: an Individual Oriented Approach », *Social Networks*, 1994, 16, p. 295-333.