

Étudier les réseaux comme phénomènes hétérogènes : quelle place pour la " nouvelle science des réseaux " en sciences humaines et sociales ?

Bernhard Rieder

▶ **To cite this version:**

Bernhard Rieder. Étudier les réseaux comme phénomènes hétérogènes : quelle place pour la " nouvelle science des réseaux " en sciences humaines et sociales ?. 2009. sic_00379526

HAL Id: sic_00379526

https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00379526

Preprint submitted on 28 Apr 2009

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

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

Étudier les réseaux comme phénomènes hétérogènes : quelle place pour la « nouvelle science des réseaux » en sciences humaines et sociales ?

Bernhard Rieder

Université de Paris VIII, Laboratoire Paragraphe

bernhard.rieder@univ-paris8.fr

Mots-clés : épistémologie, nouvelle science des réseaux, réseaux sociaux, modèles mathématiques, SIC, NTIC

1 Introduction

Alors que les techniques basées sur Internet se généralisent et diversifient, la notion de *réseau* est devenue une référence importante dans un grand nombre de disciplines scientifiques et, par conséquent, nourrit l'espoir – déjà rencontré pour les notions de *système* et, à moindre degré, de *structure* – d'avoir affaire à un concept véritablement transdisciplinaire. Il s'agit, à nouveau, du désir d'élaborer un outillage épistémologique et méthodologique partagé qui permettrait de modéliser les objets d'étude ne pouvant se réduire à une description simple, et d'exprimer leur *complexité* dans un langage qui les rendrait comparables. Or, l'application d'un concept à différents phénomènes et à partir de différents horizons disciplinaires affecte nécessairement la nature de ce concept ; le sens même du terme « complexité » varie d'un domaine à l'autre puisqu'il s'agit d'un argument négatif plus qu'autre chose : l'attribut « complexe » signale l'absence d'un modèle explicatif simple plutôt que l'appartenance à un groupe cohérent de problèmes.[1] L'usage, en sciences humaines et sociales (SHS), de notions mathématiques comme « non-linéarité », « chaos » ou alors « complexité » se résume souvent à un transfert métaphorique qui, en séparant ces concepts du fond épistémologique dont ils puisent pourtant leur sens, risque de les dénaturer et donc d'affaiblir leur potentiel à fonctionner comme un relais entre leur domaine d'origine et le nouveau champ d'application. Car un concept n'est finalement que la pointe d'un iceberg qui renvoie à une partie immergée cachée, composée de présupposés disciplinaires, de sous-concepts, d'habitudes cognitives et méthodologiques et, en fin de compte, de certitudes ontologiques. L'absence de prise en compte consciente de ces associations implicites et les

[1] Les différents usages du mot « complexe » mériteraient un examen complet qui est hors de la portée de notre texte. Notons tout de même que la signification du latin *complector*, « contenir » ou « englober », indique qu'un phénomène ou objet est composé de plusieurs éléments ; un nombre complexe par exemple contient des nombres réels ainsi qu'une composante imaginaire.

problèmes qui en découlent nous paraissent responsable d'une grande partie des difficultés et frustrations que rencontrent beaucoup de projets inter- et transdisciplinaires – notamment ceux qui cherchent à lier des disciplines scientifiques et techniques aux SHS ou aux disciplines littéraires. Bien entendu, ce constat ne devrait pas nous décourager de la recherche de concepts relais et de dialogue transdisciplinaire mais plutôt nous préparer à l'effort et la prudence que demande un tel projet.

Dans ce texte, nous nous proposons effectivement d'examiner ce qu'une (nouvelle) branche des mathématiques appliquées, appelée par certains la « nouvelle science des réseaux » (NSR), peut apporter aux SHS et plus particulièrement aux sciences de l'information et de la communication (SIC). L'iceberg en question est donc le concept de *réseau* et nous allons voir par la suite que ce terme renvoie à des associations épistémologiques assez diverses lorsqu'on commence à considérer sa partie immergée. Notre question est donc la suivante : existe-t-il une place pour les théories et méthodes que propose la NSR dans le contexte des interrogations particulières aux SHS et SIC ? Et si oui, à quel type de questions peuvent elles répondre ? Où sont, finalement, les limites d'une éventuelle collaboration ?

Afin de donner quelques réponses préliminaires il nous paraît essentiel de considérer l'usage du terme *réseau* en SHS avant d'introduire la « nouvelle science des réseaux ».

2 Le réseau en SHS

Nous ne pouvons prétendre à donner, ici, un aperçu complet des différentes formes que prend le *réseau* en SHS ; nous allons donc nous concentrer sur deux usages qui nous semblent dominants.[2] Il s'agit, premièrement, des réseaux électroniques et des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) qui ont suscité l'intérêt de nombreuses disciplines (SIC, philosophie, économie, anthropologie, sociologie, etc.) et, deuxièmement, de l'analyse des réseaux sociaux, fortement liée à la sociologie mais tout de même appliquée à l'ensemble des sciences sociales.

2.1 Les réseaux électroniques

Dans le premier cas, le terme *réseau* désigne une structure tangible qui sert à communiquer et échanger de l'information. Assumés perfectionner les réseaux de communication plus anciens [Innis, 1951], ces objets techniques sont caractérisés par la vitesse, la quantité, la richesse et la réciprocité des échanges qu'ils rendent possibles, ainsi que par le degré de leur diffusion dans une

[2] Un aperçu plus complet devrait au moins prendre en compte la théorie des acteurs-réseaux (ANT), la théorie de l'échange formulée par Homans, Blau et d'autres, ainsi que les travaux sur les macro-systèmes techniques d'Alain Gras.

population donnée. Il s'agit de réseaux de grande taille dont le nombre de nœuds et de liaisons se compte, au moins depuis la généralisation d'Internet, en millions et milliards. En SHS, nous avons l'habitude d'attribuer une signification sociale et culturelle[3] aux moyens de communication, et un très grand nombre de chercheurs s'interrogent aujourd'hui sur les « effets » des NTIC autant sur la vie quotidienne des individus que sur les interactions des groupes et la composition de nos sociétés. Selon Manuel Castells [Castells, 2000], l'informatique et les télécommunications comblent un déficit du réseau en tant que forme d'organisation sociale : la communication instantanée permettrait d'ajouter à la flexibilité, qualité inhérente au réseau, la capacité, naguère réservée à l'organisation pyramidale, de coordonner les objectifs, les décisions et les ressources. La généralisation des NTIC transformerait, par conséquent, nos sociétés en « sociétés en réseau » (*network societies*).

Ici, le réseau n'est pas une construction méthodologique abstraite qui représente un phénomène en forme de filet composé de nœuds et liaisons mais une *morphologie* particulière qui s'oppose à d'autres telles que la hiérarchie ou la grille ordonnée. Nous retrouvons cette distinction, transposée sur le plan communicationnel, chez beaucoup d'auteurs qui traitent des NTIC : le réseau comme modèle d'échange s'opposerait à la logique unidirectionnelle et hiérarchique des médias de masse où un nombre limité de communicateurs professionnels transmettraient des messages à la foule de lecteurs, spectateurs ou consommateurs (*few-to-many*). L'Internet rendrait alors possible une communication de groupe massifiée (*many-to-many*) à l'image du *forum* romain ou de l'*agora* grecque. Flexibilité, malléabilité, multi-directionnalité, tendance à la décentralisation et à l'auto-organisation – voilà quelques-unes des qualités qui sont habituellement attribuées aux réseaux électroniques. On peut retrouver une telle *naturalisation* du concept de réseau même chez ceux qui renoncent explicitement à tout déterminisme technique et se concentrent sur les appropriations et les usages ; l'imaginaire du réseau se déploie à partir de l'objet technique et il est effectivement difficile de nier certaines des qualités qu'on lui prête, tellement elles paraissent évidentes.

2.2 L'analyse des réseaux sociaux

Si la recherche sur les NTIC a tendance à aligner son concept de réseau sur celui du réseau électronique et de l'imaginer comme une forme d'organisation (technique ou sociale) particulière, l'analyse des réseaux sociaux (ARS) le conçoit avant tout comme une abstraction méthodologique. Il ne s'agit pas de

---

[3] Nous utilisons le terme « culture » dans le sens de Clifford Geertz comme ensemble de « réseaux de signification » : « [M]an is an animal suspended in webs of significance he himself has spun. I take culture to be these webs and the analysis of it therefore not an experimental science in search of law but an interpretative one in search of meaning. » [Geertz, 1973, p. 5] Cette citation pointe également dans la direction d'une autre question importante dans le contexte de notre étude : quel type de savoir souhaitons-nous produire ?

« rendre compte d'une entreprise ou d'un monde qui serait plus en réseau que l'ancienne entreprise ou l'ancien monde » [Mercklé, 2004, p. 3] mais de proposer un ensemble de concepts et de méthodes qui permettent d'examiner et comprendre les unités sociales autrement que les sciences sociales « classiques » ne le font. Si la recherche sur les NTIC oppose *réseau* et *hiérarchie*, l'ARS offre une autre approche à l'analyse du social, une approche qui passe par les *liaisons* entre individus plutôt que par leurs *propriétés* (âge, sexe, revenu, religion, niveau d'études, etc.). Sans qualités intrinsèques, le réseau social est tout simplement l'ensemble des relations que l'analyse peut découvrir dans un champ particulier. L'une des conséquences de ce changement de perspective va encore nous occuper plus bas : le groupe social que la sociologie traditionnelle prend comme une unité donnée (classe, catégorie socioprofessionnelle, ethnie, communauté religieuse, etc.) n'est plus un *a priori* mais l'un des résultats de l'analyse. La démarche est inductive. Une zone de densité relationnelle dans un réseau pourrait donc indiquer la présence d'un groupe, même si ses membres ne partagent pas les propriétés sociologiques habituelles.

La tradition longue et riche [cf. Degenne, Forsé, 2004] de cette approche peut être tracée jusqu'au travaux de Georg Simmel au début du 20^{e} siècle en passant par la sociométrie de Moreno et les études ethnologiques de Barnes. Aujourd'hui, l'ARS est bien ancrée en sociologie et appliquée à certaines des grandes questions sociologiques, entre autres la sociabilité, la cohésion sociale, les groupes sociaux, le capital social et le pouvoir [Mercklé, 2004]. Or, nous trouvons un certain nombre d'applications en SIC où l'ARS s'insère facilement dans certains champs de recherche classiques comme la diffusion de l'information et l'influence sociale [Saint-Charles, Mongeau, 2005].

Il est important, surtout dans le contexte de notre propos, de noter que l'ARS moderne s'inspire, sur plusieurs niveaux, des mathématiques et notamment de la théorie des graphes ; d'abord comme outil de visualisation mais pas seulement : le calcul de la densité et de la connexité d'un réseau complet ainsi que de la centralité ou la connectivité d'un nœud individuel font partie intégrale de l'approche. Mercklé [Mercklé, 2004, p. 104] remarque même que le fort intérêt de certains chercheurs pour la formalisation mathématique pourrait parfois aller au détriment de l'étude empirique. Par rapport à l'usage que l'on retrouve dans le contexte des études sur les NTIC, où le terme réseau se réfère à la technique en restant tout de même à l'état de *métaphore*, l'ARS propose un concept analytique et opératoire qui prétend au statut de *modèle*, c'est-à-dire à la formalisation et éventuellement la quantification. C'est peut-être à cause de cette différence épistémologique que les recherches sur la signification sociale et culturelle des NTIC ne manifestent que peu d'intérêt pour l'ARS et que l'ARS se défend vivement contre une conception du réseau qui serait technique et naturalisante. Pour l'instant il n'y a guère d'amour entre ces deux branches qui

constituent tout de même les deux domaines en SHS où la notion de réseau prend le plus de place.

Déjà en 1958, dans un article qui ne sera publié que vingt ans après dans le premier numéro de la revue *Social Networks*, Pool et Kochen [Pool, Kochen, 1978] identifient comme principale difficulté de l'analyse des réseaux sociaux la constitution de corpus de données fiables et suffisamment larges pour analyser des structures sociales de moyenne ou grande taille. Le coût prohibitif et les difficultés méthodologiques des grandes enquêtes limitent, jusqu'à nos jours, la taille des réseaux analysés dont l'*ordre* (le nombre de nœuds ou « sommets ») ne dépasse que rarement quelques centaines. C'est dans ce contexte qu'intervient la « nouvelle science des réseaux ».

3 La « nouvelle science des réseaux »

Historiquement, l'application de la mathématique des réseaux – la théorie des graphes – à des phénomènes empiriques de grande taille se concentre sur deux cas extrêmes de modèles : complètement ordonnés ou totalement aléatoires. À la fin des années 1990, étudiant le phénomène étrange de la synchronisation du stridor des criquets, qui peut s'étendre sur d'importantes distances, le jeune physicien Duncan Watts tombe sur le célèbre phénomène du « petit monde », traité de façon expérimentale par Stanley Milgram dans les années 1960. En collaboration avec le mathématicien Steven Strogatz, Watts commence à examiner la structure de différents genres de réseaux empiriques et surtout à élaborer des modèles mathématiques qui donnent un contenu analytique à la structure complexe des phénomènes étudiés. En comparant ainsi le réseau neuronal du ver *Caenorhabditis elegans*, le réseau électrique de l'ouest des États-Unis et le réseau de collaboration des acteurs de cinéma [Watts, Strogatz, 1998], les deux scientifiques tombent sur des similarités structurelles entre ces différents cas : fortement clustérisés comme des treillis réguliers mais au même temps affichant un chemin moyen très court entre deux nœuds, ces réseaux forment effectivement des « petits mondes » (*small worlds*), des systèmes à mi-chemin entre l'ordre et l'aléatoire. Sur le plan de la modélisation mathématique les auteurs montrent qu'un faible nombre de connections aléatoires suffisent pour transformer un réseau régulier en *petit monde* et proposent un mécanisme simple pour générer de telles structures. Ils soutiennent ainsi l'observation peu intuitive du sociologue Marc Granovetter [Granovetter, 1973] selon laquelle la cohésion des sociétés modernes dépend avant tout des liens faibles (et souvent aléatoires) entre ses membres, les liens forts conduisant souvent à la formation de clusters – ou « cliques » – fermés.

Le deuxième texte « fondateur » de la NSR emprunte également un chemin comparatif : travaillant comme Watts et Strogatz sur un réseau électrique et les acteurs de cinéma, mais en ajoutant un sous-ensemble du World Wide Web, Albert-László Barabási et Reka Albert [Barabási, Albert, 1999] découvrent une

deuxième propriété qui sera confirmée par la suite pour un nombre important de réseaux empiriques, à savoir celle d'être « sans échelle » (*scale-free*). Dans un tel graphe, il n'existe pas de nœud « typique » et contrairement à d'autres types de distribution (gaussienne, poissonienne), les *degrés* (le nombre de connections d'un nœud) des éléments du réseau ne se distribuent pas autour d'une moyenne. En effet, dans un réseau sans échelle la distribution des degrés suit une loi de puissance (*power law*), c'est-à-dire que la majorité des nœuds affichent un degré relativement bas tandis qu'un nombre restreint de nœuds assemble un nombre très élevé de connexions. Il sera montré par la suite que dans le cas de nombreux réseaux empiriques ce sont ces nœuds très connectés et donc très connecteurs – les *hubs* – qui sont responsables pour l'émergence de l'effet « petit monde ».

Depuis la publication de ces deux articles, un très grand nombre d'études de réseaux d'une grande variété ont été menées, ce qui a amené Barabási [Barabási, 2002] et d'autres à parler d'une « nouvelle science des réseaux » (NSR).

Quelles sont donc les particularités de cette approche par rapport au contexte de notre étude ? Premièrement, la NSR ne se limite pas à l'exploration d'un type particulier de réseau ; à côté des réseaux électroniques et des réseaux sociaux sont étudiés de nombreux autres cas, allant des réseaux alimentaires aux réseaux de co-occurrence de mots dans un corpus. Conformément à l'esprit des sciences exactes, la NSR cherche des modèles généraux, des *lois* qui gouvernent le phénomène *réseau*, identifié comme « squelette » de la complexité [Barabási, 2002, p. 225]. D'où l'espoir – semblable aux attentes face à la cybernétique dans les années 1950 – de pouvoir formuler une véritable science universelle qui serait à la fois empirique et mathématique.

Deuxièmement, bien que le travail sur des données empiriques joue un rôle important, la NSR est surtout encline à travailler sur les modèles mathématiques ; des modèles qui rendent non seulement compte de la structure d'un réseau, mais également des principes de son évolution et des dynamiques qui se déploient en son sein. Certains modèles prennent donc la forme d'algorithmes qui peuvent générer des réseaux de différents types et simuler leurs comportements. Par rapport à l'ARS, où la mathématique est avant tout utilisée comme un langage de description structurelle, la NSR l'emploie comme un outil heuristique à plein titre qui permet, à travers l'expérimentation rendue possible par l'informatique, de découvrir de nouveaux modèles et théories.[4]

Troisièmement, et toujours à la différence de l'ARS, les études de la NSR se concentrent sur des réseaux de grande ou très grande taille. Depuis la généralisation de l'informatique, la puissance brute nécessaire pour stocker et

[4] Le statut épistémologique des simulations par ordinateur dans le domaine des SHS est loin d'être évident. Malgré l'appui incontournable sur des méthodes formelles de modélisation, l'usage des résultats de telles simulations implique usuellement une interprétation purement analogique.

analyser de vastes matrices est devenue largement disponible. Broder et ses collègues [Broder et al., 2000] pouvaient donc, déjà en 2000, analyser un sous-ensemble important du Web contenant 271 millions de pages et 2130 millions de liens, ce qui aurait été très pénible seulement quelques années avant. L'informatique a aussi accéléré la *production* de données de grande taille : la plupart des échanges sur Internet laissent des traces numériques qui représentent de formidables champs d'application. Nous allons y revenir plus bas.

Quatrièmement, la NSR s'intéresse fortement aux propriétés émergentes sur le plan du comportement global du système analysé. À cause de limitations méthodologiques et conceptuelles, l'ARS était traditionnellement limitée quant à l'échelle de l'analyse. Elle se focalisait donc sur les dynamiques locales des réseaux, le niveau global restant presque toujours hors de portée.

Il nous semble important de noter que la NSR et l'ARS partagent un ensemble de références, notamment les travaux de Milgram et de Granovetter, et affichent un intérêt commun pour la formalisation. Curieusement, les deux courants semblent s'ignorer mutuellement [Degenne, 2004]. En lisant certains des livres issus de la NSR ces dernières années [p.ex. Barabási, 2002 ou Buchanan, 2002], on peut avoir l'impression que la sociologie des réseaux aurait, après le fameux texte de Granovetter [Granovetter 1973], cessé d'exister. Nous commençons donc à affronter la partie immergée de notre iceberg : on pourrait soupçonner que pour certains représentants de la NSR, une connaissance qui ne prend pas la forme d'une démonstration mathématique et ne vise pas l'application universelle n'est pas un véritable savoir – en tout cas, pas un savoir de statut scientifique. Ce sont de rares individus – notamment Duncan Watts, maintenant professeur de sociologie à Columbia – qui cherchent à profiter des travaux de l'ARS qui, au niveau des propriétés prises en compte, des formes locales identifiées, des stratégies d'interprétation et de la granularité de l'analyse, affichent après tout un regard beaucoup plus fin [cf. Saint-Charles, Mongeau, 2005] que les recherches très généralistes et abstraites que mène la NSR. Une consultation mutuelle nous paraît donc potentiellement bénéfique pour les deux camps.

C'est à partir de cette première introduction que nous nous proposons de discuter plus en détail les apports potentiels de la NSR aux SHS. Le premier point important est la question de la génération de catégories analytiques.

4 Un vocabulaire analytique *ex post*

Dans leur article de 1958, Pool et Kochen [Pool, Kochen, 1978] imaginent l'analyse des réseaux sociaux comme une analyse non seulement des groupes de petite ou moyenne taille mais comme un outil d'analyse de la société entière, un outil qui ne passerait pas par l'étude statistique des traits des individus mais par la modélisation de la structure relationnelle de la population visée. Or, à cause des limitations pratiques et méthodologiques mentionnées plus haut, les SHS ont

dû se contenter de l'analyse formelle du niveau *méso*, à une échelle plus large que l'individu mais loin des très gros groupes ou des sociétés entières. A partir d'une certaine taille, au niveau *macro*, le concept de réseau est donc resté une *métaphore* comme nous l'avons vu pour l'étude de la signification sociale et culturelle des NTIC où le réseau électronique sert comme image pour d'autres champs, notamment l'organisation sociale.

Le tournant vers la méthode inductive, qui renonce à la distinction de groupes *a priori*, représente tout de même une innovation majeure. Les cliques ou réseaux d'influence que découvre l'ARS sont des *catégories émergentes*, fondées sur l'analyse relationnelle de la population étudiée. À partir des différentes mesures structurelles (densité, centralité, connexité, etc.) il devient possible de créer des typologies de groupes flexibles, plus proches de la réalité que les catégories stables de la sociologie traditionnelle. Nous pensons que la NSR pourrait effectivement ouvrir la voie à l'approche inductive au niveau *macro*. Regardons donc de plus près comment cela pourrait se faire.

On peut trouver, chez certains représentants de la NSR, une volonté de distinguer différents types de systèmes et de comprendre les origines et implications de leurs différences. Amaral et al. [Amaral et al., 2000], par exemple, distinguent, à partir de l'étude d'une série de cas empiriques, trois types de réseau « petit monde » : sans échelle, à échelle large et à échelle unique. Mais les auteurs ne s'arrêtent pas au niveau de la simple classification, ils se proposent d'expliquer pourquoi un réseau peut prendre une forme plutôt qu'une autre. Habituellement, les réseaux sans échelle suivent un mécanisme de croissance nommé « attachement préférentiel » (*preferential attachment*), qui est un concept simple mais efficace pour à la fois expliquer et générer des structures de ce type. Le principe de l'attachement préférentiel constate que « les riches deviennent plus riches », c'est-à-dire que dans beaucoup de cas les nœuds les plus connectés gagnent aussi plus facilement des nouvelles connexions. Pour certains réseaux réels, ce mécanisme peut pourtant rencontrer des limites : les acteurs de cinéma cessent de jouer et deviennent des « nœuds inactifs » dans le réseau de collaborations ; les aéroports mondiaux ont tendance à croître selon le principe de l'attachement préférentiel jusqu'à ce que le coût d'ajout de nouvelles lignes à un aéroport explose parce que les besoins en espace débordent et le trafic aérien devient trop compliqué à organiser. Dans les deux cas, la distribution de degré va cesser de suivre une loi de puissance et afficher une courbe dont la traîne se dégrade rapidement (échelle unique) ou dont la tête est coupée (échelle large). Ici les catégories de la typologie sont alors fondées sur l'analyse empirique et non sur des classes *a priori*.

Comment une telle approche saurait-elle nous aider à mieux comprendre la composition de nos sociétés sur le plan *macro* ? D'abord en proposant une méthode et un vocabulaire pour caractériser des réseaux sociaux de taille importante. De plus, la modélisation formelle permet de lier propriétés

structurelles, mécanismes de croissance et dynamiques émergentes dans un même cadre analytique. Cela est particulièrement intéressant dans un cadre comme celui de la diffusion d'épidémies ou d'informations que la NSR étudie déjà depuis quelques années. L'un des buts consiste à explorer les propriétés de phénomènes complexes d'une telle manière que ces phénomènes deviennent « classifiables », ce qui les rend plus facilement maîtrisables intellectuellement. Un certain type de morphologie sociale pourrait donc s'avérer plus efficace pour la diffusion d'informations qu'un autre. Pour les SHS, ce genre d'interprétation n'est pourtant guère facile : que signifie que tous les membres d'une société puissent être connectés à travers, en moyenne, 10 liens ? Ou 12 ? Ou 15 ? Une société dont la distribution de connectivité est sans échelle est-elle potentiellement moins démocratique qu'une autre qui affiche une échelle large ? L'analyse structurelle n'est qu'un premier pas ; au moment où nous appliquons les méthodes de la NSR aux phénomènes sociaux, l'interprétation des résultats devient un enjeux central [Watts, 2005, p. 254] et il serait dans notre intérêt de regarder du côté de l'ASR qui, depuis longtemps, se bat avec la question du pouvoir explicatif des modèles formels.

Indépendamment des difficultés d'interprétation, la NSR pourrait nous donner de nouvelles façons de penser la morphologie de nos sociétés, au-delà des catégories schématiques de classe, communauté, subculture, etc. et nous aider à mieux comprendre le lien entre dynamique et structure. Les questions comme la cohérence sociale, la distribution de pouvoir et d'influence, ainsi que le rôle des contacts personnels dans la diffusion d'information pourraient être traités sous un angle nouveau et profiter des possibilités de simulation que permettent les approches formelles.[5] Mais c'est surtout dans le contexte des NTIC que nous pensons que la NSR pourrait combler des déficits importants.

5 Réseaux techniques et hiérarchie

Dans le contexte des recherches en SHS sur les NTIC, nous l'avons vu, le concept de réseau est à la fois peu précis – toute structure comportant des nœuds et de liens peut être exprimée comme tel – et doté d'associations fortes concernant les qualités qui marquent son fonctionnement : flexibilité, décentralisation, auto-organisation, etc. Il faut dire qu'il s'agit d'une situation fort problématique : à un objet encore mal compris et en évolution permanente – Internet – sont associées des qualités quasi-essentielles à cause d'un concept de réseau naturalisé et métaphorisé. Pourtant, nous ne disons pas que la célébration d'Internet en tant que structure de communication plus démocratique que les médias traditionnels soit fausse ; mais nous pensons que la question des

[5] Dans le cadre de propagation par exemple, la simulation permet de voir comment le changement d'un ou plusieurs paramètres affecte la dynamique générale du système. Étant donné que ces dynamiques évoluent habituellement en passant par des seuils critiques, la simulation peut avoir une valeur heuristique importante.

propriétés structurelles des réseaux électroniques est bien plus compliquée et ambiguë que les discours utopiques ne le laissent entendre. Nous nous proposons de montrer, à travers deux exemples, que la NSR nous permet d'élargir notre imaginaire en ce qui concerne la structure et dynamique d'Internet en donnant un contenu non métaphorique à la notion de réseau.

5.1 La visibilité sur le Web

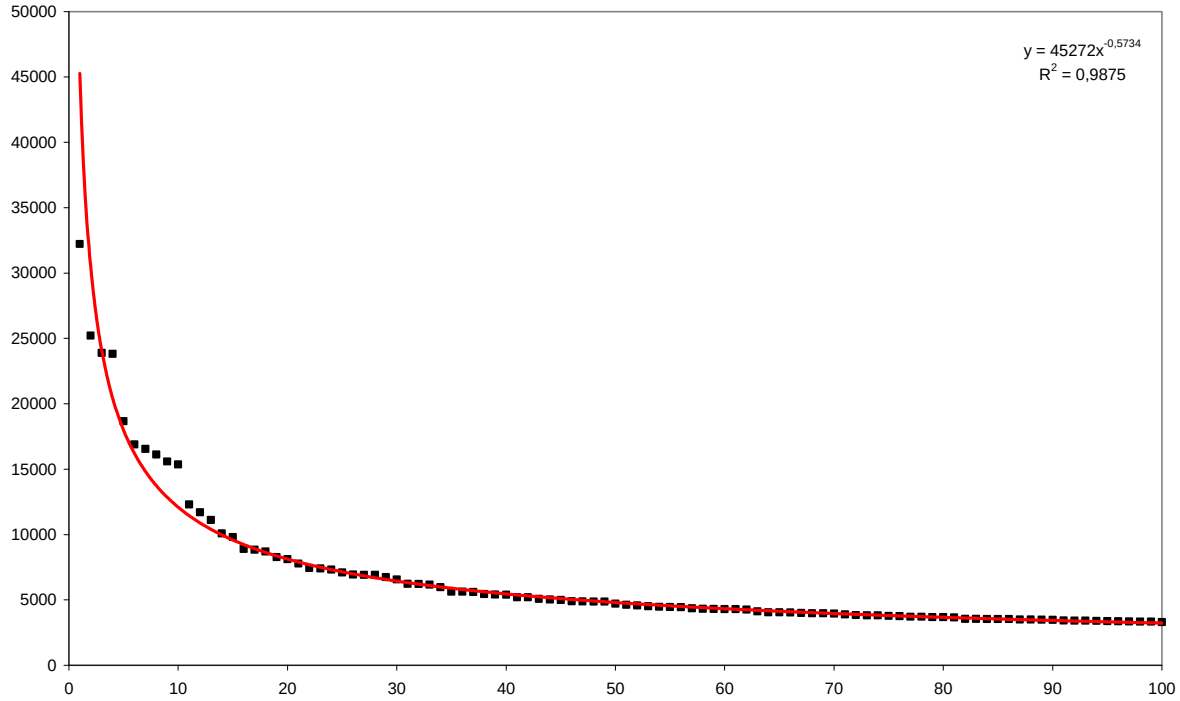
L'étude d'Internet et surtout du World Wide Web était parmi les premières applications de la NSR [p.ex. Barabási, Albert, 1999 et Broder et al., 2000]. Barabási et Albert ont montré que le Web (ou plutôt la partie du Web étudiée) est à la fois un « petit monde » (les pages sont liées par des chaînes de liens plutôt courtes) et sans échelle (un petit nombre de pages assure une grande partie de la connectivité). Il ne suffit donc pas de caractériser le Web comme réseau ; parce que contrairement à la métaphore courante, cela ne dit pas grande chose lorsqu'on considère les très différentes formes qu'un réseau peut prendre. Le Web est un réseau actuellement[6] doté d'une structure bien particulière qui reste très mal connue en SHS. Or, cette structure est essentielle pour comprendre sa signification comme moyen de communication et de délibération de masse.

Pour un internaute qui prend un chemin aléatoire, la probabilité de tomber sur un *hub* est beaucoup plus élevée que celle d'arriver sur une page moins bien connectée. Cette observation a une importance en soi, mais elle devient primordiale lorsqu'on prend en compte le fait que le modèle du parcours aléatoire est effectivement le modèle derrière *PageRank* [Brin, Page, 1998], l'algorithme classeur du moteur de recherche le plus utilisé du monde, *Google*. *PageRank* n'est rien d'autre qu'une façon d'exploiter la structure sans échelle du Web pour la production d'un classement de pages. Décrivant une courbe en pleine chute à la tête et sans nœud typique, la distribution sans échelle se prête parfaitement à la création de listes hiérarchiques. Étant donné que les moteurs de recherche sont la porte d'entrée de préférence pour la plupart des internautes et que ces internautes ne cliquent que rarement sur un lien qui n'est pas sur la première page de résultats (i.e. dans la tête de la courbe), *PageRank* transforme la structure du réseau en un index de visibilité qui hiérarchise le champ qu'il décrit.

La NSR nous apprend également que la structure du Web n'est pas aléatoire, mais qu'elle fonctionne selon le principe de l'attachement préférentiel : un site qui reçoit déjà beaucoup de liens sera plus facilement trouvé et recevra encore davantage de liens. Cela veut dire que sur Internet, les riches deviennent effectivement plus riches, et comme le montrent certaines études [Gerhart, 2004], l'effet de la distribution sans échelle qui résulte de ce mécanisme de

[6] Rien ne garantit que la structure du Web sera la même dans quelques années qu'aujourd'hui.

croissance est une visibilité réduite des opinions et sujets minoritaires cachés dans la « longue traîne » du Web. Lorsqu'on parle du potentiel démocratique du Web, un détour par la NSR peut démontrer la nature non aléatoire des mécanismes d'auto-organisation qui y sont à l'œuvre ainsi que les limites structurelles à la tendance décentralisatrice qu'on lui attribue si souvent. La même chose peut être dite de la blogosphère, autre symbole d'espoir de la discussion libre et égalitaire. Un regard rapide sur les blogs les plus populaires[7] montre bien que la distribution de degré, mesurée par le nombre de liens entrants, est loin d'être égale ou linéaire :



La courbe suit presque parfaitement une loi de puissance et le blog N° 1 (*Engadget*) reçoit exactement dix fois plus de liens que le N° 100 (*Micro Persuasion*). La prise de conscience de cette distribution, restée plus ou moins constante depuis, a conduit, en 2003, à un débat agité au sein de la blogosphère [Shirky, 2003] : le fait qu'un nombre limité de blogs reçoive une très grosse partie des liens, et donc des visiteurs, se traduit-il en une véritable hiérarchie d'influence où quelques stars règnent sur un océan de blogs insignifiants ? La courbe semble le suggérer. Mais en même temps, l'exemple montre les limites de l'approche formelle : le fait qu'un blog soit lu par beaucoup de personnes ne veut pas dire que sa voix porte nécessairement beaucoup de poids. Les trois blogs les plus linkés – *Engadget*, *Gizmodo* et *Techcrunch* – sont de simples aggrégateurs d'actualités du monde informatique, plutôt des relais ou

[7] Le graphe affiche les 100 blogs les plus populaires, selon le moteur de recherche *Technorati*, classés par le nombre de liens entrants uniques pendant les six mois précédents. Données récupérées le 26.11.2007 de http://technorati.com/pop/blogs/.

« courtiers » d'attention que des voix à titre plein. De plus, les liens entrants ne sont pas les seuls vecteurs de hiérarchisation ici : la possibilité pour les membres de la communauté *Technorati* de marquer un blog comme favori en constitue un autre. Ce deuxième *ranking* suit également une loi de puissance, mais les deux *Top 100* ne sont pas identiques. Par ailleurs, les visiteurs venant des moteurs de recherche et d'autres médias ne sont pas pris en compte par ces deux listes. En fin de compte, Internet n'est pas un réseau homogène mais un ensemble de relations hétérogènes dont certaines peuvent être projetées en forme de réseau. L'analyse structurelle de ces réseaux peut apporter des renseignements importants mais l'approche formelle est loin d'être une formule passe-partout.

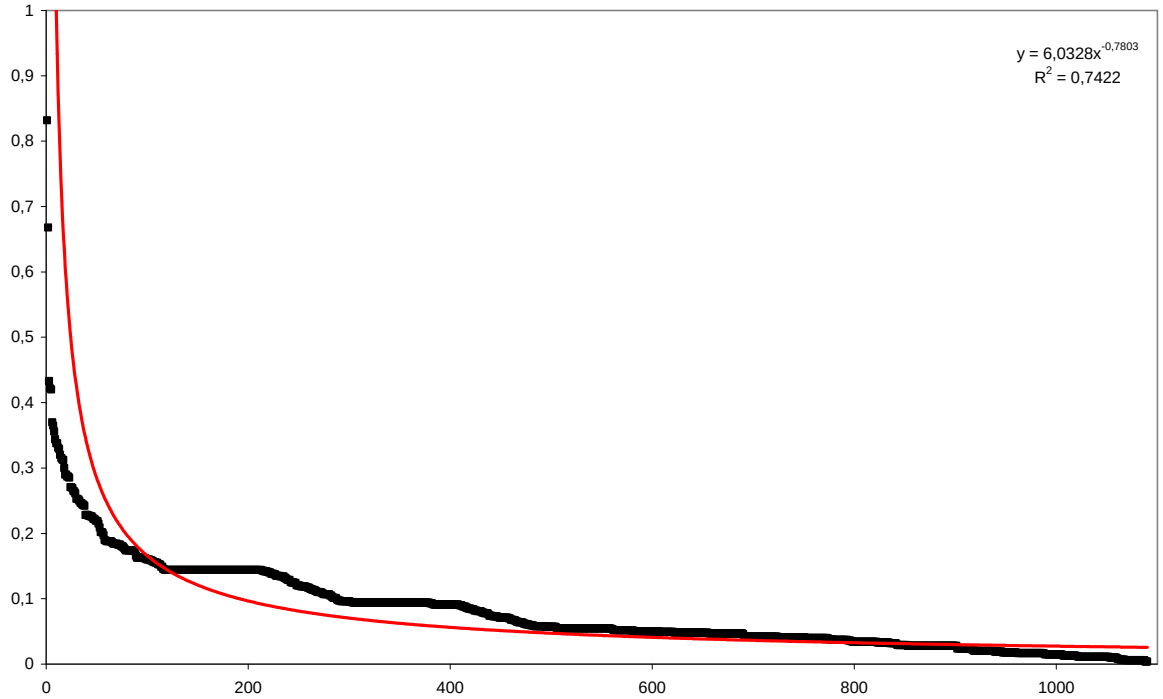
Dans certaines limites, la NSR peut aider à comprendre la distribution de visibilité et d'influence au-delà d'une prétendue nature « démocratique » d'Internet. Les hiérarchies s'installent et selon le principe de l'attachement préférentiel il devient, chaque année, plus difficile et coûteux de percer la liste des sites les plus visités ou des blogs les plus lus. En même temps, le savoir interprétatif que recherchent les SHS [Geertz, 1973] ne se résume pas en le dessin de courbes de distribution. Les méthodes et concepts de la NSR peuvent donner davantage de contenu à la compréhension des structures et dynamiques qui marquent les réseaux électroniques mais l'interprétation contextuelle demanderait toujours des connaissances qui ne sont pas d'ordre mathématique.

5.2 Réseau social et réseautage social

Depuis l'apparition de *Friendster* en 2002, de *MySpace* en 2003 et de *Facebook* en 2004, les services de réseautage social en ligne (*social networking*) sont devenus des composants importants de l'écosystème Internet. Ici se confondent les deux concepts dominants de réseau en SHS : la notion sociologique du réseau social comme ensemble de contacts entre individus et la notion technique du réseau de communication électronique. En effet, le réseautage social ne tente rien de moins que la *technification* du premier par le moyen du deuxième.

Etant donné que le nombre d'usagers de ces services est très élevé (*MySpace* approche les 200 millions de comptes créés), les méthodes proposées par la NSR pourraient peindre une image instructive de la structure et des dynamiques qui caractérisent les réseaux émergeant sur ces sites. Certes, il y a beaucoup d'ethnologues, de sociologues et de chercheurs en SIC qui ont commencé à travailler sur ce phénomène. Les usages, la construction identitaire et les formes de communication sont des questions importantes qui commencent à être traitées. Le niveau *macro* reste pourtant hors de la portée des approches qualitatives et les méthodes quantitatives classiques récupèrent les propriétés des individus qui composent une population et non la structure de leurs relations. Or, une analyse des bases de données de *Facebook* et compagnie pourrait apporter des perspectives macrostructurelles spectaculaires parce que cette analyse sera beaucoup plus vaste que toute enquête de contacts personnels jamais menée.

Une telle analyse pourrait nous donner des idées sur la distribution de la connexité dans un tel système, sur son développement dans le temps et, en élargissant la base de l'étude, nous aider à comprendre comment les informations s'y propagent. Étant donné que les services de réseautage social sont devenus des *médias* à part entière, des hybrides entre communication personnelle et communication de masse, ce dernier point paraît particulièrement intéressant. Pour l'instant, la question de l'accès à ces données est loin d'être réglée, mais à travers les plateformes publicitaires que proposent ces services s'ouvre une voie intéressante pour la recherche. Une exploration rapide de la connectivité d'un groupe[8] de bloggeurs (*p=1108*) inscrits sur le service de réseautage social *ryze.com* réveille la structure familière d'une distribution qui s'approche d'une loi de puissance :



Encore une fois, un nombre restreint d'individus très connectés se trouve face à une grande masse plutôt peu connectée. La cohérence de ce groupe, son caractère de « petit monde », est donc assurée par quelques *hubs* qui ont un nombre très élevé de contacts. Le monde numérique ne tarde apparemment guère à reproduire les propriétés structurelles des réseaux sociaux hors ligne.

Le problème avec l'analyse de services de réseautage comme réseaux sociaux « classiques » est le fait que les contacts en ligne ne représentent qu'une partie des contacts d'une personne. Le réseau social comme base de données n'est pas

[8] Données brutes assemblées et publiées par Ross Mayfield, l'un des membres de la communauté, le 2.1.2003, disponibles sous http://radio.weblogs.com/0114726/stories/2002/12/31/horizon2.html, consulté le 26.11.2007. Il ne s'agit pas du nombre de contacts par individu, mais du pourcentage (entre 0 et 1) du réseau auquel un individu peut accéder en faisant deux pas.

identique au réseau social comme le définit l'ARS. Pour comprendre la signification du réseautage en ligne pour notre sociabilité, il faudrait articuler les interactions entre ces deux niveaux. En même temps, nos activités sur *Facebook* ne sont pas simplement une sous-partie de notre vie sociale totale. L'application introduit des formes de communication particulière et pourrait modifier, en fin de compte, comment nous nous mettons en relation avec l'autre et ce qu'est une relation sociale. Un premier pas serait de mieux comprendre les mécanismes de croissance des services de réseautage qui semblent se propager par vagues (des seuils critiques ?) et la NSR pourrait effectivement livrer des renseignements intéressants dans ce contexte. Cependant, le problème avec l'exploration du réseau comme base de données est encore l'interprétation. Nos vies ne se résument évidemment pas à la participation dans un service de réseautage en ligne. En tant qu'être humains, nous sommes toujours intégrés dans un grand nombre de réseaux hétérogènes.

6 Réseau et hétérogénéité

Généralement, la NSR étudie des réseaux bien délimités, de préférence des réseaux « interactifs » [Watts, 2004] où les liaisons entre les nœuds représentent des échanges tangibles de matière ou d'information. Or, un grand nombre de réseaux est « symbolique » [ibid.], c'est-à-dire que le « contenu » de ses relations est abstrait : que signifie avoir joué avec quelqu'un dans un film ? Que veut dire avoir co-publié un article scientifique avec quelqu'un ? Et pourquoi est-ce signifiant que je puisse lier deux mots dans un corpus par une courte chaîne de liens ? Même dans ces cas déjà ambigus, les entités, leurs relations et les frontières du réseau restent pourtant raisonnablement faciles à identifier, aussi parce que la NSR vise un niveau très général et abstrait afin de pouvoir comparer les réseaux par la suite. Mais existe-il des relations, et donc des interférences causales, uniquement entre des entités du même type ? Prenons un exemple : l'index des citations scientifiques, que dit-il sur les raisons pour lesquelles un article est davantage cité qu'un autre ? Une citation peut non seulement exprimer une reconnaissance scientifique, mais aussi bien des enjeux institutionnels, des relations amicales ou des considérations de carrière. En dessous du réseau de citations se trouvent d'autres configurations et leurs différences ne les empêchent pas d'entrer en rapport. Le monde social est plein de ce genre de problèmes parce que ce qui signifie une « relation » peut varier fortement.

La théorie des acteurs-réseaux [Latour, 1993] ne cesse de dévoiler ces associations hétérogènes et elle marque ainsi les limites des approches mathématiques comme la NSR, qui ont besoin de formalisations homogènes pour déployer leur puissance heuristique. Il est peut-être possible de réduire des entités et relations hétérogènes à un dénominateur commun très abstrait mais nous doutons qu'une exploration mathématique d'un tel réseau aurait une

quelconque prétention à la production de connaissance. De plus, la réalité comme réalité vécue par des êtres humains qui font partie de différents contextes et cultures – la réalité telle qu'elle intéresse les SHS – revendique une épaisseur qui ne se laisse pas si facilement aplatir. Par nécessité méthodologique, la NSR est donc forcée d'épurer un phénomène pour le faire entrer dans sa grille d'analyse formelle. En même temps, les associations hétérogènes prolifèrent et créent des unités transversales ; c'est bien ce que Foucault [Foucault, 1977, p. 299] cherchait à exprimer par le terme « dispositif » : « un ensemble résolument hétérogène, comportant des discours, des institutions, des aménagements architecturaux, des décisions réglementaires, des lois, des mesures administratives, des énoncés scientifiques, bref : du dit, aussi bien que du non-dit, voilà les éléments du dispositif. Le dispositif lui-même, c'est le réseau qu'on peut établir entre ces éléments. » Si la NSR – et peut-être aucune approche formelle – ne peut rendre compte de ce réseau-là, pourquoi l'avoir présentée comme une méthode particulièrement intéressante ?

Notre réponse concerne d'abord les transformations de notre monde même : le mouvement de « socionumérisation » [Latham, Sassen, 2005], c'est-à-dire le processus continu qui consiste à rendre toujours plus de facettes de notre vie social, culturelle et même politique dans des formes numériques, produit des arrangements qui sont, paradoxalement, facilement formalisables parce que numériques et pourtant, surtout à cause de leur grand nombre, tellement complexes que nos approches traditionnelles ne peuvent plus capter leur morphologie. À la massification de la sociabilité en ligne correspond un préformatage des interactions dont l'effet secondaire est une *lisibilité* de ces interactions, que ce soit pour les agences de marketing ou les chercheurs des SHS. De plus, les réseaux sociotechniques, bien qu'insérés dans des dispositifs plus larges, portent une signification propre parce qu'ils fonctionnent comme des *territoires*, des espaces soumis à des règles particulières. L'étude de la structure et des dynamiques qui caractérisent le Web, la blogosphère ou les services de réseautage représente un pas important pour comprendre ces territoires. L'analyse structurelle formelle proposée par la NSR est bien préparée à cette tâche. Formulons-le autrement : il y a de nombreux réseaux délimités et formalisables qui jouent des rôles importants dans nos sociétés hétérogènes ; nous pensons que leur nombre et signification augmentent.

7 Conclusions

Nous sommes partis d'une question bien large : quelle place donner à la « nouvelle science des réseaux » en SHS et notamment en SIC ? À travers une première juxtaposition entre NSR et ARS ainsi qu'une discussion des apports de la NSR à l'étude des NTIC, nous avons essayé de peindre une image non simpliste, marquée à la fois par l'enthousiasme et la conscience des limites. Les parties immergées des icebergs « SHS » et « NSR » ne sont pas identiques et les

connaissances que ces disciplines cherchent à produire ne sont pas les mêmes : la recherche de « lois » communes à tous les réseaux se place à un autre niveau épistémologique que celui visé par les SHS [Geertz, 1973]. En même temps, la prolifération de réseaux numériques justifie une réelle curiosité, surtout de la part des SIC. Nous pensons, finalement, que les efforts pour élaborer une typologie des réseaux de grande taille ainsi que des dynamiques de croissance et d'effondrement pourraient, au-delà des possibilités d'application directe, nous livrer un nouveau vocabulaire (métaphorique) et de nouvelles idées pour penser la complexité. La réalité sociotechnique de la condition actuelle nous impose la pluralité épistémologique et méthodologique et la NSR nous parait un outil indispensable pour la comprendre.

Notre article ne prétend pas donner une réponse finale à la question posée, mais cherche à marquer quelques lignes de pensée. Nous souhaitons conclure avec une question qui montre vers où une meilleure compréhension des propriétés structurelles des réseaux électroniques pourrait nous amener : si la logique de la visibilité sur le Web obéit au principe cumulatif de l'attachement préférentiel, serait-il possible et/ou souhaitable de créer des moteurs de recherche qui œuvrent à contresens en conférant plus de poids aux perspectives minoritaires ?

Bibliographie

Amaral, L. A. N., Scala, A., Barthélémy, M., Stanley, H. E., 2000 : 11149-11152. « Classes of small-world networks ». *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 97, N° 21

Barabási, A.-L., 2002 : *Linked. The New Science of Networks.* Cambridge, MA : Perseus Books, 256 pages.

Barabási, A.-L., Albert, R., 1999 : 509-512. « Emergence of Scaling in Random Networks. » *Science*, Vol. 286, N° 5439.

Brin, S., Page, L., 1998 : 107-117. « The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. » *Computer Networks*, Vol. 30, N° 1-7.

Broder, A., Kumar, R., Maghoul, F. Raghavan, P., Rajagopalan, S., Stata, R., Tomkins, A., Wiener, J., 2000 : 309-320. « Graph Structure in the Web. » *Computer Networks*, Vol. 33, N° 1.

Buchanan, M., 2002 : *Nexus: Small Worlds and the Groundbreaking Theory of Networks.* New York : W. W. Norton & Co., 235 pages.

Castells, M., 2000 : 5-24. « Materials for an exploratory theory of the network society ». *British Journal of Sociology.* Vol. 51, N° 1.

Degenne, A., Forsé, M., 2004 : *Les réseaux sociaux. 2e édition.* Paris : Armand Colin, 296 pages.

Degenne, A., 2004 : 5-9. « Les réseaux sociaux ». *Revue Mathématiques et Sciences humaines.* Vol. 42, N° 168.

Foucault, M., 1977 : 298-329. « Le jeu de Michel Foucault ». *Dits et écrits, Tome II.* Paris : Gallimard. 1735 pages.

Geertz, C., 1973 : *The Interpretation of Cultures.* New York : Basic Books, 476 pages.

Gerhart, S., 2004 : « Do Web search engines suppress controversy ? » *First Monday*, Vol. 9, No. 1.

Granovetter, M., 1973 : 1360-80. « The Strength of Weak Ties. » *American Journal of Sociology.* Vol. 78, N° 6.

Innis, H. A., 1951 : *The Bias of Communication.* Toronto, Buffalo, London : University of Toronto Press, 226 pages.

Latham, R., Sassen, S., 2005 : *Digital Formations: IT and New Architectures in the Global Realm.* Princeton : Princeton University Press, 456 pages.

Latour, B., 1993 : *La clef de Berlin et autres leçons d'un amateur de sciences.* Paris : La Découverte, 251 pages.

Mercklé, P., 2004 : *Sociologie des réseaux sociaux.* Paris : La Découverte & Syros, 121 pages.

Newman, M., Barabási, A.-L., Watts, D. J., 2006 : *The Structure and Dynamics of Networks.* Princeton, Oxford : Princeton University Press, 581 pages.

Pool, I. d. S., Kochen, Manfred, 1978 : 5-51. « Contacts and Influence ». *Social Networks.* Vol. 1, N° 1.

Saint-Charles, J., Mongeau, P., 2005 : « L'étude des réseaux humains de communication ». *Communication : horizons de pratiques et de recherche.* Montréal : Presses de l'université du Québec, 432 pages.

Shirky, C., 2003 : « Power Laws, Weblogs, and Inequality ». *Billet de Blog.* (http://www.shirky.com/writings/powerlaw_weblog.html)

Watts, D. J., Strogatz, S. H., 1998 : 440-442. « Collective Dynamics of 'Small-world' Networks ». *Nature.* Vol. 393, N° 6684.

Watts, D. J., 2005 : 243-270. « The 'New' Science of Networks ». *Annual Review of Sociology.* Vol. 30, N° 1.

Zimmermann, J.-G., 2002 : 517-524. « 'Grappes d'entreprises' et 'petits mondes' ». *Revue économique.* Vol. 53, N° 3.