

Penser à l'aide des réseaux

Paul Chiambaretto¹
CRG / École polytechnique

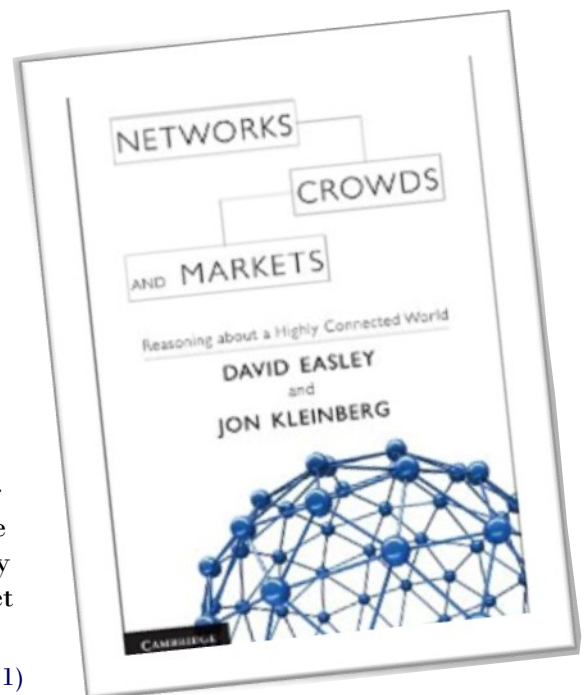
Introduction

Dire que le monde est de plus en plus interconnecté est trivial. De même, une simple énumération des exemples d'interconnexions ne nous apprend pas grand-chose de plus, car ces dernières peuvent être bénéfiques (Internet, développement du commerce international,...) ou dangereuses (crises financières, épidémies,...). En revanche, appuyer son raisonnement sur les réseaux est une tâche beaucoup plus ardue. Anticiper les effets de ces réseaux sur nos actions est donc un objectif bien plus intéressant mais hélas, plus difficile à atteindre. Comment aller plus loin dans la compréhension de ces réseaux qui maillent notre monde ? Comment dépasser la simple observation de ces phénomènes pour essayer d'en comprendre les mécanismes sous-jacents ? Dans leur livre, David Easley et Jon Kleinberg (2010) tentent de donner des éléments de réponse à ces questions. Leur livre s'attache ainsi à étudier trois mécanismes d'agrégation des comportements individuels : les réseaux, les foules et les marchés. Plutôt que de les étudier séparément, ces deux auteurs ont décidé de mettre en relation ces trois mécanismes, afin de montrer les liens qui les unissent. Cet article est donc l'occasion de faire une synthèse de leur ouvrage.

Avant de commencer cette synthèse, il est nécessaire de revenir sur l'objectif d'un tel livre, à savoir l'étude des réseaux. Une question se pose naturellement : qu'est-ce qu'un réseau ? Easley et Kleinberg en proposent une définition très simple et généraliste :

a pattern of interconnections among a set of things » (p. 1)
ou encore « any collection of objects in which some pairs of these objects are connected by links (p. 2).

Les réseaux peuvent donc être appliqués à de nombreux objets étudiés : les relations humaines, les liens entre entreprises, le commerce international, les flux d'informations, etc. Ce qui caractérise les réseaux, c'est leur approche pluridisciplinaire. En d'autres termes, les réseaux n'appartiennent pas à un champ disciplinaire précis, mais sont au croisement de plusieurs disciplines : économie, sociologie, biologie, informatique, sciences politiques,... Le livre se veut donc résolument pluridisciplinaire, multipliant les exemples issus de disciplines différentes.



1. Je remercie Hervé Dumez pour ses précieux commentaires qui ont permis de rendre ce résumé plus clair et compréhensible, et Alain Jeunemaitre pour m'avoir permis d'effectuer mon séjour de recherche à Oxford où j'ai eu la chance de découvrir ce livre.

Each discipline has contributed techniques and perspectives that are characteristically its own, and the resulting research effort exhibits an intriguing blend of these different flavors. From computer science and applied mathematics has come a framework for reasoning about how complexity arises, often unexpectedly, in systems that we design; from economics has come a perspective on how people's behavior is affected by incentives and by their expectations about the behavior of others; and from sociology and the social sciences have come insights into the characteristic structures and interactions that arise within groups and populations. The resulting synthesis of ideas suggests the beginnings of a new area of study, focusing on the phenomena that take place within complex social, economic, and technological systems. (p. xi)

Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si les auteurs eux-mêmes sont issus de disciplines différentes : David Easley est un économiste, tandis que Jon Kleinberg enseigne l'informatique (*Computer Science*). Leurs approches complémentaires ne rendent le livre que plus intéressant et permettent de répondre aux attentes d'un public encore plus large.

Contrairement à la majorité des livres présentés dans les numéros précédents du *Libellio*, le livre d'Easley et Kleinberg ne défend pas une thèse particulière. Ce livre, conçu pour les *undergraduates* de Cornell, a pour vocation d'initier le lecteur à l'analyse des réseaux en lui proposant une synthèse des principales contributions et problématiques liées aux réseaux. Cette synthèse, volontairement pluridisciplinaire, permet au lecteur de découvrir les principaux outils pour les analyser. Doté de cette boîte à outils, le lecteur pourra alors s'appuyer sur la théorie des réseaux pour comprendre des phénomènes variés allant du classement des pages internet sur Google à l'évolution d'une épidémie, en passant par la diffusion d'une innovation au sein de la population.

Le présent article ne peut pas être un compte-rendu de livre au sens classique du terme. ce dernier est impossible à résumer et se donne comme ambition d'explorer plusieurs pistes dans des disciplines très diverses. Ce compte-rendu doit donc être lu comme un index commenté, permettant au lecteur de se familiariser rapidement avec les grandes problématiques abordées tout au long du livre, afin de pouvoir se plonger ensuite dans le chapitre le plus proche de ses intérêts.

Rechercher les caractéristiques communes des réseaux qui nous entourent

Le premier chapitre du livre a pour ambition de convaincre le lecteur de l'omniprésence des réseaux. Multipliant les exemples, les auteurs montrent alors ce que la compréhension des réseaux peut apporter au lecteur. Il s'agit surtout de convaincre ce dernier de lire les 700 pages qui vont suivre, en lui donnant un aperçu de ce qu'il va découvrir.

C'est à partir du chapitre 2 que l'on rentre dans le cœur du sujet en s'attaquant à la théorie des graphes. Il s'agit principalement d'acquérir le vocabulaire qui permet de décrire avec rigueur les réseaux : « *A graph is a way of specifying relationships among a collection of items. A graph consists of a set of objects, called nodes, with certain pairs of these objects connected by links called edges.* » (p. 21) D'autres notions sont alors développées telles que : les graphes dirigés, les chemins, la connectivité, la longueur entre les nœuds, ... Toutes ces notions seront réutilisées tout au long du livre, et une première application en est donnée en fin de chapitre avec les célèbres travaux de Stanley Milgram sur les *Small Worlds*.

Les chapitres 3, 4 et 5 se donnent pour objectif de définir avec un peu plus de finesse ces liens et la façon dont ils évoluent. En effet, jusqu'à présent, on se contentait de mettre en évidence l'existence de liens entre des nœuds de manière binaire : soit il y a un lien, soit il n'y en a pas. Or la réalité est plus subtile : si nous avons des liens avec plusieurs personnes, ils ne sont pas tous de même nature : certains liens sont forts (avec nos amis, notre famille, ...) et d'autres sont plus faibles (avec des connaissances, nos voisins, ...). Par ailleurs, les liens qui nous unissent ne sont pas nécessairement positifs, de sorte qu'un conflit entre deux personnes ou deux entreprises, est un lien certes, mais « négatif ». Il serait possible d'affiner encore plus chacune de ces relations, mais avec ces quelques nuances, certains résultats intéressants apparaissent déjà. Ces différents degrés permettent en effet d'étudier la dynamique des réseaux : la notion de *Triadic Closure* (que l'on pourrait traduire par fermeture triadique) met ainsi en avant le fait que lorsque deux personnes ont un ami en commun, il existe une probabilité élevée que ces deux personnes deviennent amis à terme. De même, les relations positives/négatives permettent de « prédire » la nature des relations entre deux nœuds, en fonction de leur entourage. On retrouve alors des fondements plus rigoureux aux adages tels que « les amis de mes amis sont mes amis ». Ces quelques règles de base vont permettre de voir si la configuration d'un réseau à un instant donné est stable ou si elle devrait être amenée à changer dans le futur, du fait de certaines anomalies.

Jusqu'à présent, notre raisonnement se concentrait sur le réseau, en faisant abstraction de l'environnement qui l'entoure. Or, les caractéristiques statiques et dynamiques des réseaux s'expliquent aussi par le cadre dans lequel ces derniers sont inscrits. En effet, l'intégration de l'environnement dans le réseau permet d'expliquer des phénomènes tels que l'homophilie (le principe selon lequel des personnes proches ont tendance à avoir les mêmes caractéristiques) ainsi que son évolution dans le temps (des individus partageant les mêmes centres d'intérêt deviendront à terme amis).

Il est donc fondamental de garder en tête les liens entre les réseaux et leur contexte. Pour autant, la simple description des réseaux et de leur évolution n'est pas suffisante, il faut maintenant analyser les comportements des acteurs au sein de ces réseaux.

Comprendre les actions au sein des réseaux : le rôle de la théorie des jeux

La deuxième partie du livre, qui regroupe les chapitres 6 à 9, est une série de rappels sur la théorie des jeux. Pourquoi lier la théorie des jeux et les réseaux ? L'idée est d'essayer de définir un langage permettant de modéliser les comportements dans un cadre caractérisé par un niveau élevé d'interconnexion. L'avantage de la théorie des jeux est de permettre de déterminer et modéliser les bénéfices d'une personne, dépendant non seulement de son comportement mais aussi de celui des autres. Puisque l'individu est intriqué (les auteurs disent *embedded*) dans un réseau de relations, toutes ses actions devront prendre en compte les conséquences qu'elles auront sur ses voisins et, par réaction, sur lui-même. Cette deuxième partie fournit donc de nouveaux outils au lecteur qu'il pourra utiliser par la suite.

Le chapitre 6 est alors l'occasion de définir les principaux termes utilisés en théorie des jeux et de sensibiliser le lecteur aux notions de stratégies dominantes ou d'équilibre de Nash. Les individus prennent alors la meilleure décision, compte-tenu des décisions des autres. Des raffinements sont proposés en y intégrant des probabilités avec les stratégies mixtes. Le chapitre 7 essaye d'étendre les résultats du précédent chapitre en appliquant la théorie des jeux à l'évolution biologique à

travers ce qu'on appelle les « jeux évolutionnaires ». Ces jeux évolutionnaires permettent d'étudier la confrontation entre plusieurs espèces (ou plusieurs mutations) et on devine à la lecture de ce chapitre des questions comme celle qui consiste à savoir dans quelles circonstances une espèce peut prendre le dessus sur une autre.

Le chapitre 8 donne un premier exemple d'application des théories des jeux dans le cadre des réseaux, sur le cas du secteur des transports. Le réseau représente le réseau routier entre plusieurs villes et les agents choisissent le chemin le plus rapide, tout en prenant en compte les risques de congestion. On y découvre alors comment le trafic se répartit suivant les différentes routes. Ce chapitre permet aussi de découvrir le paradoxe de Braess. Celui-ci note que l'ajout de routes au sein d'un réseau congestionné conduit à une modification du trajet des conducteurs, ce qui peut parfois avoir l'effet inverse de celui désiré en augmentant encore plus le temps de parcours.

Enfin, le dernier chapitre de cette partie (le 9) est consacré aux enchères. Ces dernières constituent des méthodes permettant d'attribuer des biens à des individus en fonction de leurs préférences respectives. Il existe différents types d'enchères : les ascendantes, les descendantes, les scellées au premier ou au second prix. En fonction des caractéristiques de ces enchères, les individus déploient des stratégies différentes révélant ou non leurs véritables préférences. Mais que se passe-t-il quand on associe ces stratégies d'allocations et des réseaux ? On crée des marchés.

Analyser les marchés à l'aide des réseaux et de la théorie des jeux

Lorsque l'on pense aux marchés, on pense généralement à ce lieu fictif ou réel où l'offre et la demande se rencontrent. À partir de cette simple définition, on peut apprécier le fait que le marché est un problème d'appariement (de *matching* pour les anglophones) entre des offreurs et des demandeurs, problème qui peut être analysé sous l'angle des réseaux. L'analyse des marchés via les réseaux présente de nombreux avantages, le premier étant de permettre la visualisation des liens entre offreurs et demandeurs. Cette approche permet alors de mettre en lumière les contraintes d'accès au marché dont peuvent souffrir certains acheteurs ou vendeurs. Ces contraintes sont souvent liées à la position des acteurs dans le réseau, de sorte que les réseaux permettent d'appréhender assez facilement le pouvoir de négociation des différents acteurs. Enfin, les réseaux sont une approche graphique efficace, permettant de mettre en évidence les différences de préférence des acheteurs pour des biens, afin d'en faciliter l'allocation.

Le chapitre 10 est l'occasion de montrer comment les réseaux peuvent résoudre ces problèmes d'appariement, en utilisant un graphe bipartite (c'est-à-dire qui met en regard l'offre et la demande). Prenant l'exemple d'une université essayant d'attribuer des chambres à des étudiants, en fonction de leurs préférences respectives, les auteurs font découvrir au lecteur la notion de *perfect matching* (chaque étudiant arrive à trouver une chambre). Plus intéressant, ils mettent en évidence les conditions dans lesquelles un tel arrangement se révèle impossible. C'est alors que sont introduits les prix, plus précisément les *market-clearing prices*, c'est-à-dire ceux qui permettent de satisfaire tout le monde.

Le chapitre 11 permet d'améliorer le cadre précédent, en ajoutant la présence d'intermédiaires entre producteurs et acheteurs. On peut alors définir un réseau en trois parties : les producteurs, les intermédiaires et les acheteurs. Les producteurs n'ont pas accès à tous les intermédiaires, et il en est de même pour les acheteurs.

Compte-tenu de leurs positions respectives dans le réseau, les producteurs et les acheteurs se verront proposer des prix différents, de sorte qu'encore une fois, réseaux et prix de marchés sont liés.

Le chapitre 12 développe une notion sous-jacente au chapitre précédent, à savoir celle du lien entre la position d'un individu dans un réseau et son pouvoir de négociation. En résumé, il apparaît que le pouvoir de négociation d'un nœud va dépendre de sa dépendance par rapport à ses voisins et surtout de sa capacité d'exclusion. On peut définir la dépendance d'un nœud comme l'absence d'alternatives pour accéder à des ressources au sein d'un réseau. Si un nœud a plusieurs voisins, alors la perte d'un voisin ne l'affaiblit que marginalement : il est donc faiblement dépendant en général et vis-à-vis de ce voisin en particulier. Son pouvoir au sein du réseau sera donc élevé, et il le sera d'autant plus que ses voisins ont eux-mêmes n'ont pas d'alternative. Ces considérations font ensuite l'objet d'une modélisation à l'aide de la théorie des jeux, avant d'être testées empiriquement pour confirmer ces résultats.

Pour autant, la structure en réseau ne s'applique pas seulement aux individus ou aux organisations : elle peut aussi s'attacher à mettre en relations d'autres objets comme l'information, avec l'exemple d'internet.

Appréhender les réseaux d'information comme Internet

Si l'on considère un réseau où les nœuds sont des pages d'information, alors on élabore ce que les auteurs appellent un *information network*. Internet est alors la première idée qui nous vient en tête lorsque l'on parle de réseau. D'ailleurs, il est courant d'appeler internet, le « web » (la toile) ou le réseau (par exemple avec « les jeux en réseau »). Il est donc intéressant de se lancer dans l'étude d'internet à l'aide de la théorie des réseaux.

Bien que nous utilisions internet tous les jours, le chapitre 13 commence par quelques rappels de base sur ce qu'est véritablement internet. Le web pourrait ainsi se définir comme une collection de pages d'informations accessibles à l'aide d'un navigateur (*browser*). Il existe ainsi des liens virtuels entre ces pages (les liens hypertextes), qui permettent de remplacer le classement traditionnel des pages par une approche en réseau. Si cela nous paraît évident à ce jour, la logique de liens hypertextes n'était absolument pas dominante dans les années 1980 et la façon de naviguer sur internet aurait pu être toute autre. Les liens reliant les pages les unes aux autres ont une direction (ils vont d'une page A vers une page B, et pas nécessairement dans l'autre sens), de sorte que l'on peut considérer que le web s'apparente à un graphe dirigé (*directed graph*). La question est alors de comprendre comment se structure internet. Quel est le pourcentage de pages internet se renvoyant les unes vers les autres (plus ou moins directement) ? On perçoit au fil du chapitre une forme de hiérarchie entre les pages, de sorte que certaines apparaissent plus centrales que d'autres (au sens où il y a plus de liens qui renvoient vers elles).

Cette notion de centralité des pages internet joue un rôle fondamental dans les moteurs de recherche. Les chapitres 14 et 15 s'intéressent de plus près à ces derniers et à leur fonctionnement. On y découvre le rôle joué par les liens dans le référencement et l'ordre d'apparition des pages dans les moteurs de recherche. L'idée sous-jacente est que l'on peut utiliser ces liens pour évaluer l'autorité (au sens de « faire autorité ») d'une page sur un sujet. Des raffinements peuvent ensuite être mis en place en pondérant certains liens venant eux-mêmes de pages faisant autorité. Quelques explications sont ensuite données sur le fonctionnement de la publicité en

ligne dans les moteurs de recherche, afin de comprendre un peu mieux comment les publicités sont associées aux mots-clés recherchés par l'utilisateur.

Comprendre la dynamique des réseaux

Jusqu'à présent, les réseaux avaient été étudiés sous un angle statique, ce qui réduit considérablement l'intérêt de la démarche. Les chapitres 16 à 21 mettent en lumière les phénomènes dynamiques que l'on peut observer au sein de ces réseaux. Lorsque les personnes sont connectées au sein d'un réseau, il devient possible que leur comportement affecte le comportement d'autres personnes du réseau. Ces phénomènes peuvent s'expliquer soit par des effets informationnels, soit par des effets plus directs, dits effets de réseau.

Le chapitre 16 commence par détailler ces effets informationnels, que l'on appelle aussi les « cascades d'information » (*information cascade*). Les cascades d'information ont lieu lorsque des décisions sont prises de manière séquentielle, permettant aux derniers individus d'observer ce qui a été fait par les précédents afin d'en tirer des informations sur leur choix. L'exemple typique est celui d'une personne venant d'emménager dans une ville et qui cherche un bon restaurant. En observant le comportement des habitants, qui sont là depuis plus longtemps que lui, il en déduit le restaurant à choisir. Bien évidemment, son choix va dépendre des « signaux » émis par les consommateurs précédents, de sorte que la notoriété finale d'un restaurant va souvent dépendre des tout premiers signaux émis par les consommateurs. Le paradoxe des cascades d'information réside dans le fait que ces comportements de mimétisme peuvent conduire les agents à prendre certaines décisions, sans pour autant qu'elles soient les meilleures (aller dans un restaurant moins bon). Pour autant, aux yeux des agents, faire ce choix non-optimal est rationnel, puisque, pour reprendre l'exemple, tout le monde va dans ce restaurant. Les cascades d'information peuvent permettre aussi d'expliquer les phénomènes de popularité comme dans le chapitre 18. On y apprend que la célébrité des personnes (au sens du nombre d'individus qui les connaissent) ne suit absolument pas une loi normale comme on aurait pu l'imaginer (car tout semble suivre une loi normale !). Au contraire, plusieurs travaux empiriques semblent montrer que la distribution de la célébrité suit une « loi de puissance » (*Power Law*). Cette loi de puissance permet de modéliser particulièrement bien l'effet boule de neige de la notoriété : plus une personne est connue à un instant t , plus on parle d'elle, alors plus elle sera connue à l'instant $t+1$, ... Ce phénomène d'effet boule de neige s'appelle le *Rich-Get-Richer Phenomenon*.

Le comportement des uns peut aussi affecter le comportement des autres dans un réseau du fait des effets de réseau (*network effects*), qui sont étudiés dans le chapitre 17. Ces effets peuvent être interprétés comme des externalités, de sorte que le nombre total d'utilisateurs d'un produit va affecter le prix de réservation des autres individus. Par exemple, un consommateur préférera choisir un logiciel de traitement de texte lui permettant de pouvoir échanger des documents avec d'autres personnes. Plus le nombre d'utilisateurs sera grand, plus il valorisera le logiciel. Ainsi, les effets de réseau vont pouvoir conduire à plusieurs équilibres possibles (en termes de nombre d'utilisateurs) pour un prix donné. Le passage d'un équilibre à un autre dépendra du nombre d'utilisateurs. On peut tirer de cette approche assez théorique quelques recommandations managériales. Si l'on part du constat que le produit n'aura aucune valeur s'il n'est pas diffusé largement, on comprend qu'il est nécessaire de développer son audience à tout prix. Pour cela, il faut convaincre un groupe important d'utilisateurs de tester le nouveau produit (quitte à baisser le prix considérablement) afin qu'ils prennent plus de valeur aux yeux des autres consommateurs. De même, en

identifiant les créateurs de tendance (*fashion leaders*) et en leur offrant le produit, une entreprise peut émettre le signal que son produit sera largement diffusé à l'avenir, et donc améliorer la valeur perçue de son produit.

Ces approches sur les effets informationnels et les effets de réseau ont l'inconvénient d'être assez globales et de ne pas analyser la décision au niveau de chaque individu au sein du réseau. Le chapitre 19 y remédie en proposant une approche plus détaillée au niveau du réseau. On veut ainsi comprendre comment les comportements se diffusent d'individu en individu, que ce soit du fait des effets d'information ou de réseau. En s'appuyant sur la théorie des jeux, on s'aperçoit que le comportement d'un nœud va essentiellement dépendre du comportement de son entourage. Ainsi, l'adoption d'une innovation ou d'une mode se fera par étapes successives, de manière plus ou moins concentrique. Pour autant, certaines innovations stagnent et n'arrivent pas à convertir le reste du réseau, comment



*Rhizome pachymorphe
(bambou)*

l'expliquer ? Une telle stagnation est essentiellement due aux caractéristiques du réseau et à la présence de clusters, c'est-à-dire des regroupements très denses de nœuds, qui restent imperméables et résistent encore et toujours à l'envahisseur.

Les innovations ne sont pas les seules entités à se diffuser dans les réseaux. Beaucoup plus dangereuses, les épidémies se répandent elles aussi à travers les réseaux, et le chapitre 21 leur est consacré. Il s'agit surtout de présenter différents modèles de diffusion de ce type de phénomène. Contrairement aux modèles précédents où l'adoption d'une innovation relevait d'un processus volontaire, la contagion a lieu ici de manière aléatoire par contact avec les nœuds voisins. Plusieurs classes de modèles sont exposées : les modèles par étapes (*branching process*) où la contagion se fait de manière successive ; les modèles SIR (*Susceptible – Infectious – Removed*) ou SIS (*Susceptible - Infectious – Susceptible*) en fonction des caractéristiques de la maladie et où la contagion est modélisée de manière plus fine.

Quant au chapitre 20, il étudie un autre processus de diffusion au sein d'un réseau avec la notion de recherche décentralisée (*decentralized search*). Reprenant l'expérience des *Small Worlds* de Milgram, Easley et Kleinberg expliquent que l'expérience avait aussi pour intérêt de voir comment les personnes réussiraient à transférer le courrier au destinataire-cible, en passant uniquement par des intermédiaires qu'ils connaissent directement (autrement dit qui sont des nœuds voisins). En analysant ce phénomène de *decentralized search*, on peut alors voir comment la structure d'un réseau (mélangeant homophilie et contacts aléatoires) va favoriser la diffusion des idées à travers tout un réseau.

Agréer les préférences et les comportements : le rôle des institutions

Dans les chapitres précédents, nous avons vu comment les comportements individuels pouvaient se combiner au sein des réseaux. Pour autant, les réseaux ne sont pas le seul moyen de coordination. À travers les chapitres 22 à 24, les auteurs

s'intéressent de plus près aux institutions qu'ils définissent largement comme « *any set of rules, conventions, or mechanisms that synthesizes individual behavior across a population into an overall outcome.* » (p. 607) Cette dernière partie s'appuie sur les fondements et résultats de l'économie publique. Trois catégories d'institutions sont citées et étudiées : les marchés, le vote et les droits de propriété. Dans ces trois cas, les institutions servent à agréger les préférences, l'information, ou les choix.

Quelques remarques en guise de conclusion

À première vue, le livre de Easley et Kleinberg peut faire peur. Ses 727 pages ont de quoi impressionner le lecteur, qui se dit qu'il n'arrivera jamais à le finir. De même, en feuilletant les pages, on découvre des dessins de réseaux, des graphiques ou encore des pages d'équations qui donnent l'impression que la lecture n'en sera que plus longue et douloureuse. Et pourtant, ce livre se lit particulièrement bien, car il a été conçu pour accompagner les cours donnés par les auteurs à leurs étudiants de Cornell. Le postulat de base des auteurs est que les étudiants en question ne savent rien, ou plutôt qu'ils viennent de disciplines tellement différentes qu'il vaut mieux tout reprendre à zéro. La lecture du livre n'en est donc que plus agréable : le lecteur se surprend à maîtriser rapidement des notions et des outils qui lui semblaient inatteignables quelques pages auparavant, tout en découvrant des exemples dans des disciplines variées.

Cet ouvrage est non seulement un exemple de pédagogie, mais il a aussi un intérêt pour de nombreux chercheurs. C'est précisément parce que les réseaux sont omniprésents que chaque chercheur devrait posséder quelques notions sur leur fonctionnement. Naturellement, les chercheurs s'intéressant aux industries dites « de réseaux » y trouveront des analogies intéressantes, mais pas seulement. Ceux intéressés par les questions d'innovation se surprendront à comprendre la façon dont une innovation se diffuse dans une population. De même pour ceux travaillant sur la gestion des risques avec l'exemple des épidémies. La liste des thèmes pourrait s'allonger indéfiniment.

Easley et Kleinberg remplissent parfaitement l'objectif qu'ils se sont fixé au début de leur livre, à savoir offrir une synthèse pluridisciplinaire sur les réseaux afin d'apprendre au lecteur à raisonner en s'appuyant sur eux. Les réseaux servent alors de grille d'analyse pour comprendre tant la façon dont les marchés fonctionnent que celle dont les foules se comportent. Ce livre est une invitation à analyser le monde qui nous entoure en le considérant comme des nœuds et des liens, afin de mieux en comprendre le fonctionnement tant d'un point de vue statique que dynamique.

La lecture de ce livre est donc vivement conseillée à toute personne souhaitant découvrir une façon originale de repenser des problèmes connus afin d'y apporter des solutions différentes à l'aide de l'analyse des réseaux.

Références

Easley David & Kleinberg Jon (2010) *Networks, Crowds, and Markets*, New York (NY), Cambridge University Press.

Merton Robert (1968) "The Matthew Effect", *Science*, vol. 159, n° 3810, pp. 56-63 ■