



HAL
open science

Le tout est toujours plus petit que ses parties

Bruno Latour, Pablo Jensen, Tommaso Venturini, Sebastian Grauwin,
Dominique Boullier

► **To cite this version:**

Bruno Latour, Pablo Jensen, Tommaso Venturini, Sebastian Grauwin, Dominique Boullier. Le tout est toujours plus petit que ses parties. Réseaux : communication, technologie, société, 2013, 177 (1), pp.197. 10.3917/res.177.0197 . hal-02102547

HAL Id: hal-02102547

<https://hal.science/hal-02102547>

Submitted on 17 Apr 2019

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.

« Le tout est toujours plus petit que ses parties »

Un expérimentation numérique des monades de Gabriel

Tarde

Bruno Latour*, Pablo Jensen‡, Tommaso Venturini*, Sébastien Grauwin‡ and Dominique Boullier*

• Sciences Po, Paris

- ‡ Institut Rhônalpin des Systèmes Complexes (IXXI) and Laboratoire de physique, UMR CNRS, ENS de Lyon

Résumé :

Cet article vise à démontrer que la disponibilité récente de données numériques permet de revisiter la théorie sociale de Gabriel Tarde (1843-1904) qui se passe totalement de notions telles que l'individu ou la société. Notre analyse repose sur l'idée que, tant qu'il était impossible, difficile ou simplement fastidieux d'amasser et de consulter des quantités d'informations liées à des sujets précis, il était logique de traiter les données relatives aux liens sociaux en définissant deux niveaux : un pour l'élément individuel, l'autre pour l'agrégat collectif. Mais dès que l'on suit les individus par le biais de leurs relations (ce que l'on fait généralement dans le cas des profils) il serait plus avantageux de naviguer à travers les fichiers de données sans distinguer le niveau de l'élément individuel de celui de la structure collective. On peut alors accorder une certaine crédibilité à l'étrange notion de « monades » de Tarde. Nous affirmons que c'est justement ce mode de navigation, rendu possible par l'accès aux bases de données numériques, qui permet de modifier la théorie sociologique. Au sens strict du terme, nous ne devrions plus parler de phénomènes collectifs par opposition à des phénomènes individuels, mais seulement d'autant de façons différentes de *collecter* des phénomènes.

MOTS CLES : THEORIE SOCIALE; GABRIEL TARDE; THEORIE DE L'ACTEUR-RESEAU; METHODES NUMERIQUES; VISUALISATION DE DONNEES;

Cet article est une traduction modifiée de “The Whole is Always Smaller Than Its Parts” —How Digital Navigation May Modify Social Theory. (with Pablo Jensen, Tommaso Venturini, Sébastien Grauwin and Dominique Boullier), *British Journal of Sociology* Vol. 63 n° 4 pp. 591-615, 2012.

Introduction

Il est généralement admis, dans les diverses sciences traitant des comportements collectifs complexes, qu'il existe des différences fondamentales entre le niveau de l'individu et celui du collectif (Knorr 1981; Calhoun et al. 2007). C'est pourquoi il semble logique de présumer qu'il existe *deux niveaux* d'analyse: le niveau micro qui se concentre sur les individus et le niveau macro qui se concentre sur le collectif. Cette distinction est à l'origine de la formulation de presque toutes les questions soulevées par la théorie sociale visant à trouver la *bonne voie* qui mène d'un niveau à l'autre : La recherche doit-elle partir du micro ou du macro ? Le niveau macro est-il un simple agrégat ou une nouvelle entité *sui generis*? Comment certaines caractéristiques du niveau macro émergent-elles des interactions du niveau micro (Boudon 1981)? Peut-on « rapprocher » ces deux niveaux par une autre théorie qui les engloberait (Bourdieu 1972; Giddens 1984) ? Peut-on imaginer un niveau intermédiaire ? Et ainsi de suite. Cette série de questions ne se limite pas aux théories sociales traitant de l'être humain, mais peut se rapporter à tous les ensembles d'organismes vivants non-humains (nuées d'oiseaux, essaims d'insectes sociaux en particulier, Axelrod 1984; Moussaid et al. 2009) ainsi qu'à la notion même d'organisme : quelle est la relation entre les cellules et le corps ? (Dawkins 1982)? Ces mêmes questions ont été posées dans le cadre d'un grand nombre de phénomènes comme les processus mentaux (Minsky 1988) ou les entités artificielles vivant *in silico* (les modèles multi-agents, par exemple) (Epstein and Axtell 1996).

Bien que cette division en niveaux ait joué un rôle considérable dans la structuration de nombreux programmes de recherche en sciences naturelles et sociales, elle a également occulté le phénomène central que ces sciences visaient à expliquer : comment suivre des *associations plus fortes, plus vastes et plus durables*. En partant du postulat qu'il existe deux niveaux, ces sciences ont résolu trop rapidement les questions qu'elles auraient du laisser ouvertes à l'étude. Qu'est-ce qu'un élément ? Qu'est ce qu'un ensemble? Y a-t-il vraiment une différence entre les deux? Qu'entend-on par entité collective durable?

Dans cet article, nous étudierons comment les *traces numériques* laissées par les acteurs dans les bases de données nouvellement disponibles pourraient modifier la nature même de ces questions sur l'origine de l'organisation sociale. Notre objectif est de tester une théorie sociale alternative développée par Gabriel Tarde (1843-1904) à l'aube de la sociologie et qui n'a jamais eu la chance de se développer en raison du manque d'outils empiriques adéquats (Tarde 1903; Clark 2011 [1969]; Milet 1970; Candea 2010). Au lieu de commencer par se dire que la question vraiment essentielle est de 'trouver comment les décisions individuelles contribuent aux actes collectifs', nous souhaitons suivre la suggestion de Tarde et *ne pas* poser cette question afin nous concentrer sur un sujet différent : peut-on définir ce qu'est un ordre social durable *sans* présumer qu'il existe deux niveaux (Latour 2006)? Pour souligner le contraste, nous allons prétendre qu'il y a *davantage de complexité dans l'élément que dans l'ensemble*, ou, pour être un peu plus provocant, que 'le tout est toujours *plus petit* que ses parties'. Nous appelons ce postulat '*l'approche par un niveau*' (A-1) par opposition à '*l'approche par deux niveaux*' (A-2).

Un tel postulat n'est intéressant que s'il crée une différence empirique dans le traitement des données. C'est pourquoi nous tenterons de démontrer deux points :

a) Certaines *nouvelles techniques numériques*, et surtout certains outils offerts par l'analyse des réseaux, permettraient de suivre et visualiser le phénomène social d'une façon qui rend l'approche A-1 un peu plus logique que l'A-2 ;

b) désormais, il est possible d'expliquer les caractéristiques plus durables de l'ordre social en apprenant à naviguer au travers de « monades » entrecroisées au lieu d'alterner entre les deux niveaux de l'individuel et du collectif. (Notons que par la suite, l'adjectif 'social' ne se référera pas aux seuls acteurs humains, mais sera étendu à toutes les entités traitées conjointement).

Pour démontrer notre raisonnement, nous procéderons de la manière suivante : nous commencerons par utiliser la notion de *profil* pour donner une idée générale de notre analyse (section 1); ensuite, nous expliquerons en quoi notre approche est différente de l'idée de structures produites par l'interaction entre acteurs réduits à leur taille atomique (section 2) et enfin comment la notion de structure devrait céder la place à celle de circulation d'ensembles conçus différemment (section 3). Les dernières sections offrent une description visuelle de l'« ensemble » qui s'avère bien plus petit que ses constituants (section 4) et suggèrent une approche à la navigation à travers les données, différente de celle associée à l'idée de modélisation (section 5).

1. Comment les profils numériques modifient les relations élément/ensemble

L'essentiel de notre analyse s'appuie sur la manière dont les *profils* désormais disponibles sur de nombreuses plate-formes numériques modifient la définition même de ce que sont les *individus* — et, à partir de là, comment nous devrions traiter les ensembles. En surfant sur des plate-formes telles que Flickr™, Academia.edu™ ou MySpace™, nous avons tous fait l'expérience de naviguer d'un page html à l'autre, passant des individus aux groupes sans jamais rencontrer rien que ne ressemble à un saut de niveau. C'est cette expérience, si typique du Web 2.0 que nous voulons utiliser comme base pour repenser la théorie sociale, car, grâce à elle, la navigation A-1 est devenue une expérience commune qui pourrait se résumer en une phrase : pour identifier un *acteur*, il faut déployer son *réseau*.

Prenons un exemple simple. Nous avons tous préparé un jour un rendez-vous en cherchant sur Internet le nom de la personne que nous allions bientôt rencontrer. Si, par exemple, nous cherchons sur Internet le curriculum vitae d'un chercheur dont nous n'avons jamais entendu parler, nous obtiendrons une liste d'éléments vagues au premier abord. Disons que nous venons d'apprendre que « Hervé C. » est maintenant « professeur d'économie à « Sciences Po ». Au début de la recherche, ce n'est rien de plus qu'un nom propre. Puis, nous découvrons qu'il a un « doctorat de Penn University », qu'il « a écrit sur les comportements de vote parmi les actionnaires d'entreprise », qu'il « a démontré un théorème sur l'irrationalité de l'agrégation », etc. Si nous parcourons la liste des caractéristiques, la définition *s'étendra jusqu'à ce que, paradoxalement, elle précise de mieux en mieux de qui il s'agit*. Très vite, comme dans le jeu du portrait, nous allons zoomer sur un nom et

un seul, pour atteindre le résultat unique : « Hervé C. ». Qui est *cet* acteur ? Réponse : *ce* réseau. Ce qui n'était d'abord qu'une chaîne de mots sans signification, sans contenu, un simple point, possède désormais un contenu, c'est-à-dire, un réseau que résume un seul nom propre parfaitement spécifié. Cette série de caractères — le réseau — peut maintenant s'entendre comme une *enveloppe* — l'acteur — qui renferme son contenu en une formule abrégée.

Dans l'exemple, une entité est simplement définie par la liste (non exhaustive) des données qui lui sont attachées. Pour utiliser la terminologie de la théorie de l'Acteur-Réseau, un acteur est défini par son réseau (Law and Hassard 1999). Ce réseau ne constitue pas un second niveau *ajouté* à celui de l'individu, mais est exactement le *même niveau*, déployé différemment. En passant de l'acteur à son réseau, nous restons au sein de A-1 (Law 2004).

L'argument principal est que cette définition est totalement *réversible* : un réseau, lui aussi, est totalement défini par ses acteurs. Si nous voulons maintenant passer de ce professeur en particulier à certaines de ses caractéristiques, nous n'aurons pas à changer de niveau : le paradigme du « vote des actionnaires d'entreprise » sera défini par une *autre* liste, celle de « tous » les chercheurs ayant publié sur le sujet, et de « tous » les articles publiés comportant ces mots clés — une liste que la bibliométrie et la scientométrie permettent d'obtenir en quelques clics supplémentaires (voir la figure I et la section 4 par exemple). De même si nous voulions savoir ce qu'est cette étrange université appelée « Sciences Po » : son profil sera partiellement défini par la liste de ses universitaires. Il n'y a donc pas de véritable différence entre la recherche d'identité d'une personne, d'un lieu, d'une institution, d'un événement, etc. Dans tous les cas, l'opération empirique et cognitive reste la même. En passant ainsi de l'acteur au réseau, et vice versa, nous ne changeons pas de niveau mais nous nous *arrêtons momentanément* sur un point, l'acteur, avant de *poursuivre* vers les caractéristiques qui le définissent. C'est parce qu'il n'y a pas de saut d'un niveau à un autre que la théorie de l'acteur-réseau décrit comme « plates » les relations ainsi créées par cette méthode de circulation entre les fichiers de données (Callon and Latour 1981; Latour 2006).

[Figure I reproduite au fond de l'article]

Le fait de se déplacer facilement d'un profil à un autre indique déjà clairement que les théories sociales partant des deux approches A-1 et A-2 ne se rapportent pas à différents domaines de la réalité, mais à différentes manières de *naviguer parmi les données* (Franzosi 2004; Michel et al. 2011). 'Spécifique' et 'général', 'individu' et 'collectif', 'acteur' et 'système' ne constituent pas des réalités substantielles mais des termes provisoires qui dépendent plutôt de la facilité avec laquelle nous naviguons entre les profils et parvenons à les englober par un nom propre. Plus la navigation est difficile, plus sera grande la tentation de les traiter selon l'approche par deux niveaux (A-2). Tant qu'il est difficile d'accéder à la liste de tous les articles d'une sous-catégorie telle que « votes de la super majorité », on est tenté de la définir comme un « ensemble » dont l'individu professeur nommé « Hervé C. » ne serait qu'un « membre » — c'est justement ce que fait la notion de « paradigme scientifique » au sens de Thomas Kuhn (voir ci-dessous). Même chose s'il n'existe pas de

bon site internet listant tous les universitaires de l'université appelée « Sciences Po ». Dans ce cas, on sera tenté de dire qu'il existe une entité définie de manière générale — une « personne morale », par exemple — dont le nom propre est « Sciences Po », qui existe dans une indépendance relative par rapport à tous les acteurs qui définissent le contenu de son enveloppe. C'est là qu'entre en scène l'analyse des deux niveaux: un pour les composants, un autre pour l'ensemble. La tentation sera dès lors irrésistible de regarder le niveau dit « de la structure » pour définir des caractéristiques générales, et le niveau des individus si l'on veut étudier ce qu'ils ont de particulier. Et pourtant, cette distribution des rôles entre niveaux n'est que l'effet du type de technologie utilisée pour naviguer à travers les données.

La meilleure preuve que ces deux niveaux ne correspondent à aucun véritable domaine ontologique est qu'ils commencent à disparaître, pour être littéralement redistribués, chaque fois qu'on modifie ou qu'on améliore la qualité d'accès aux fichiers de données, permettant ainsi à l'observateur de définir n'importe quel acteur par son réseau et vice versa. C'est exactement ce que subissent les notions mêmes d'« individu » et d'« ensemble », grâce à la remarquable extension des outils numériques. L'expérience (de plus en plus commune aujourd'hui) de naviguer d'un élément à un ensemble peut pousser les chercheurs à accorder moins d'importance à ces deux extrémités provisoires. Au lieu de devoir choisir, et donc sauter de l'élément à l'ensemble, du niveau micro au niveau macro, on occupe toutes sortes d'autres positions, en réorganisant constamment la manière dont les profils sont interconnectés et entrecroisés. Ce phénomène est bien connu non seulement par la théorie de l'acteur-réseau mais aussi par les chercheurs travaillant sur l'analyse de réseaux (White 2008). Évidemment, nous ne prétendons pas que les profils numériques seraient si complets et si rapidement accessibles qu'ils auraient déjà dissous les deux niveaux, mais seulement qu'ils les ont suffisamment redistribués pour montrer que l'analyse par niveaux n'est pas le seul moyen de traiter la navigation dans les données.

[Figure II reproduite au fond de l'article]

Pour résumer cette première section, nous affirmerons que si nous avons pris l'habitude de traiter différemment une entité et son contexte, c'est seulement par manque d'accès à la liste de ses propriétés. Au minimum, les profils numériques disponibles posent à la théorie sociale de nouvelles questions qui ne peuvent pas être abordées dans le cadre d'une opposition entre l'approche par l'élément et celle par l'agrégat.

2. Comment isoler des « monades » entrecroisées

Après avoir donné un avant-goût de notre analyse, passons à ses aspects plus opératoires et techniques. Dans l'approche par deux niveaux A-2, la procédure la plus courante pour distinguer les macrostructures des micro-relations consiste à établir un premier niveau d'entités distinctes, puis à leur donner quelques règles d'interaction et d'observer enfin si la dynamique de ces interactions permet de voir apparaître un second niveau, celui du collectif. Ce second niveau aurait généré suffisamment de nouvelles propriétés pour mériter

le titre de structure, c'est à dire, une autre entité pour laquelle il serait possible de dire qu'elle est « plus que la somme de ses composants ». C'est le cas dans la plupart des modèles de comportements collectifs, qu'il s'agisse d'atomes, de gaz, de molécules, d'insectes, d'essaims, de marchés, de foules, d'États, de vie artificielle, etc. (voir Moussaid et al. 2009, par exemple). La force explicative et la simple beauté de ces modèles sont liées à un tel minimax : obtenir la structure la plus durable et la plus solide à partir de l'ensemble de règles le plus petit possible.

Il faut souligner ici que depuis le dix-septième siècle, ce modèle a toujours été établi par contraste avec un autre modèle, apparemment totalement opposé, qui met, quant à lui, au début une entité *sui generis* — par exemple un corps, un organe, un super organisme, une fourmilière, une ruche, une société, un État, etc. — afin, ensuite, d'en définir les « composants » distincts selon leurs « rôles » et leurs « fonctions ». Cette alternative est souvent appelée « holiste » ou « organiciste » (Weick 1995). Bien que les deux visions diffèrent généralement dans les conséquences politiques que l'on peut en tirer (Hirshmann 1980), elles ne sont pour nous que deux façons différentes de traiter le phénomène social par le biais de la même approche A-2. Les deux approches reposent sur des techniques de collecte de données quasi identiques. Leur principale différence réside dans l'ordre chronologique par lequel elles listent les deux concepts : du micro au macro pour la première, du macro au micro pour la seconde. Ce que la seconde prend comme point de départ, la première le prend comme but final.

Prenons le premier cas comme point de départ, puisque c'est le plus fréquemment utilisé de nos jours. Pour définir le premier niveau, le concepteur du modèle doit imaginer des entités indivisibles, distinctes et dotées d'aussi peu de caractéristiques que possible ; ensuite, il conçoit des règles d'*interaction* entre ces entités atomiques — toujours, aussi simples que possible ; puis, il *observe* comment ces interactions, après nombres de fluctuations, *se stabilisent* suffisamment pour mériter le nom de structure ; et enfin, il vérifie si cette structure est suffisamment *solide* pour remplacer le « tout » que leurs adversaires — les théoriciens holistiques ou organicistes — prétendent antérieurs ou supérieurs aux « parties » (Wilson 1975).

Ces stratégies de recherches sont utilisées, par exemple, par les éthologistes pour reproduire la géométrie hautement complexe de la fourmilière avec seulement quelques règles d'interaction entre des fourmis aveugles et considérées comme des acteurs interchangeables dans le but de prouver qu'une fourmilière n'est pas un super-organisme (Pasteels and Deneubourg 1987; Moussaid et al. 2009; Kuong et al. 2011). Cette stratégie mène également aux fascinants modèles de marchés où, sans le coup de pouce de la « main invisible », la simple interaction entre des individus égoïstes mais calculateurs aboutit à une répartition des ressources plus équitable que celle qu'un État aurait pu générer. C'est aussi le cas des « gènes égoïstes » coordonnant des parties du corps pour un résultat qu'aucun organe supérieur à une cellule n'aurait pu dicter (Kupiec and Sonigo 2000). Ou encore ce qui arrive lorsque des sociologues cartographient les schémas de ségrégation d'une ville à l'aide des deux seules règles d'attraction et répulsion entre individus voisins (Schelling 1971; Grauwin et al. 2009).

Cette approche A-2 permet de reproduire et de prévoir la dynamique de certains phénomènes collectifs dans lesquels le comportement des individus peut être décrit de manière satisfaisante à partir de quelques règles et paramètres simples. Prenons pour exemple le public d'un stade faisant la « Ola! ». Cette vague humaine peut être expliquée en caractérisant les réactions des individus par trois états (enthousiaste, actif et passif) (Farkas 2002). En calculant les probabilités de transition entre ces états, les scientifiques peuvent prédire la taille, la forme, la vitesse et la stabilité de la « Ola! » naissante. Ils pourraient même prédire la manifestation d'une telle vague en fonction du nombre d'initiateurs (pour déclencher une « Ola! », il faut une masse critique d'initiateurs). Lorsqu'une poignée de paramètres suffit à stimuler la dynamique d'un système, on peut décrire les individus comme des atomes (Barabasi 2003; Cho 2009). Cette approche s'est avérée utile pour comprendre les caractéristiques de files d'attente, d'embouteillages, de mouvements de foule, etc.

Mais les humains ne passent pas leur temps dans des files d'attente, des embouteillages ou des mouvements de foule! Il serait dommage de limiter la portée de la quantification de la théorie sociale à ces quelques comportements. Le problème de l'approche « atomiste » est qu'elle se révèle incapable de comprendre les dynamiques collectives plus complexes. Plusieurs causes ont été avancées pour expliquer ce problème : par exemple que le comportement humain ne peut généralement pas être prédit par des règles qui seraient indépendantes du contexte, règles qui sont néanmoins nécessaires à l'écriture d'un algorithme (Flyvbjerg 2001). Cependant, la véritable explication, selon nous, est que l'approche A-2 part d'une vision trop restreinte du social: pourquoi présumer qu'il existe *d'abord* des agents simples, *puis* des interactions, *puis* une structure complexe — ou le contraire ? Pourquoi distinguer des instants successifs — dans quelque ordre que ce soit ?

Une telle segmentation est particulièrement étrange quand il devient si facile de collecter *beaucoup d'informations* sur chaque entité distincte prise dans ses connections avec d'autres afin d'en extraire le profil élargi. Si la complexité des éléments distincts peut être étudiée et traitée, pourquoi serait-il nécessaire de *dépouiller* d'abord ces éléments de toutes leurs caractéristiques? Pourquoi les modèles devraient-ils fonctionner de manière classique en ajoutant des règles d'interactions simples entre des atomes maintenant dépossédés du réseau de propriétés qu'ils *possédaient auparavant* ? Et pourquoi la complexité devrait-elle être le résultat d'un *ensemble calculé*, alors qu'elle était là dès le départ ? Ce qui apparaissait comme du bon sens avec une certaine technologie de collecte de données pourrait cesser de l'être maintenant que les profils sont si facilement accessibles.

Dans l'approche A-1, en revanche, les éléments ne peuvent être considérés, au sens strict, comme interagissant les uns avec les autres : ils *sont l'un et l'autre à la fois*, ou, mieux, ils *se possèdent l'un l'autre*, puisque chaque entrée de la liste qui caractérise une entité peut aussi être une entrée de la liste caractérisant une autre entité (Tarde 1903; 1999 [1895]). En d'autres termes, l'association n'intervient pas *après* que des entités ont été définies par quelques propriétés, mais constitue ce qui caractérise les entités en premier lieu (Dewey 2010). On peut même prétendre que la notion d'« interaction » en tant que rencontre entre éléments distincts est la conséquence d'u fait que l'on possède des informations limitées sur les attributs qui définissent ces éléments (Latour 2010).

Mais existe-il une alternative à la logique qui différencie atomes, interactions et ensembles comme des séquences successives, quels qu'en soient l'ordre et la chronologie? Une alternative qui n'obligerait pas l'observateur à passer du niveau micro au niveau macro comme l'exige l'approche A-2, mais qui resterait, comme le réclame la théorie de l'acteur réseau, totalement « plane » ?

Il nous semble que l'alternative à la structure atome-interaction serait ce que Gabriel Tarde appelait, en référence à Leibniz, une « *monade* » (Tarde 1999 [1895]). Une monade n'est pas une partie de l'ensemble, mais un *point de vue* sur toutes les autres entités prises *conjointement* et non pas saisies à la façon d'une totalité. Bien que les historiens de la philosophie débattent encore de ce qu'est une monade pour Leibniz et ce qu'a vraiment voulu dire Tarde (Milet 1970; Candea 2010), nous prétendons que cette notion quelque peu exotique pourrait être rendue *pleinement opérationnelle* par la navigation à travers les profils numériques que nous venons d'esquisser.

Notre argument repose sur la pratique d'un lent apprentissage de ce qu'« est » une entité quand on *ajoute* de plus en plus d'éléments à son profil. Au début, l'entité n'est qu'un point (dans notre exemple, elle n'est qu'un nom propre « Hervé C. », une entrée sur laquelle on clique sur l'écran d'un ordinateur) puis elle se « remplit » avec de plus en plus d'éléments qui la précisent jusqu'à ce que l'observateur considère qu'il en sait suffisamment et qu'il commence à associer le nom propre de l'entité à la liste tout entière. Que s'est-il passé ? Nous avons défini une monade, c'est-à-dire, un point de vue très spécifique — telle ou telle entité — à partir de toutes les autres entités présentes dans l'ensemble de données. Le principe de cette navigation est qu'elle ne *commence* pas avec des éléments interchangeables — comme avec l'approche A-2 — mais *individualise* une entité en déployant ses caractéristiques. Plus la liste des éléments s'accroît, plus le point de vue sur cette monade particulière se précise. Il commence par un point, et il se termine (pour l'instant) en monade, avec un intérieur englobé par une enveloppe. Si l'on devait poursuivre la recherche indéfiniment, le « monde entier », comme disait Leibniz, serait « saisi » ou « reflété » par ce point de vue idiosyncratique.

Comme nous l'avons vu, l'intérêt crucial de cette notion de monade — si on met de côté sa métaphysique exotique — est qu'elle est pleinement réversible, un aspect qu'il était impossible de mettre en œuvre avant l'accès aux médias numériques. Chacun des éléments utilisés pour définir l'entité est lui-même *modifié* en devenant un élément de *cette* entité. Dans notre exemple, bien qu'être « professeur à Sciences Po » définit qui est « Hervé C. », lorsqu'on passe en quelques clics à « Sciences Po » nous réalisons que cela est devenu un corps académique légèrement *différent* maintenant qu'il est capable d'attirer un « mathématicien » et un « économiste réputé de l'étranger » comme « doyen des affaires académiques ». « Sciences Po » aussi a été individualisée et elle ne peut en aucune façon être prise pour un élément du « contexte » à l'intérieur duquel « Hervé C. » devrait être « situé ». En d'autres termes, selon la façon dont on navigue sur son profil, « Sciences Po » est également une monade.

Le côté rafraîchissant de cette nouvelle habitude de circuler est qu'on n'a jamais à identifier une entité comme « partie d'un tout », puisqu'il qu'*il n'y a pas de tout*. En effet, dans l'approche A-1 il n'y a, au sens strict du terme, *aucun atome isolé* (les profils sont

totalemment déployés au travers de leurs attributs), *ni aucun tout* (chaque tout est la liste des acteurs qui le composent). L'expérience de naviguer parmi les profils disponibles sur des plate-formes numériques est telle que, lorsqu'on passe d'une entité — la substance — à son réseau — ses attributs —, on ne passe pas du particulier au général, mais du particulier à *d'autres particuliers*.

En d'autres termes, tant la notion de « contexte » que celle d'« élément » peuvent être considérées comme des artefacts dus à l'usage de certains outils de navigation (Hagerstrand 1953; Garfinkel 2002; Latour 2006). Élargissez la liste des entrées, facilitez la navigation, visualisez correctement l'« intérieur » de chaque monade et vous pourriez bien ne pas avoir besoin du tout du schéma structure-atome-interaction ou de la répartition entre acteurs et système. Vous passerez de monades en monades, sans jamais quitter le niveau des particuliers et pourtant, vous ne rencontrerez pas le moindre élément de taille atomique, sauf au premier clic, lorsque vous commencerez vos recherches sur un élément et n'obtiendrez qu'un point vide.

À présent, notre hypothèse de travail devrait être plus claire: il doit être possible de passer d'un particulier à un autre en obtenant en chemin des *ensembles partiels* et sans jamais recourir à aucun des trois concepts qui composent l'approche A-2: *il n'existe pas d'élément distinct; ils n'interagissent pas; il n'y a pas de tout supérieur aux parties*. Une conclusion aussi radicale s'explique en partie par la nouvelle disponibilité de données qui permettent aux entités d'être distinguées par la liste non exhaustive des attributs qui les composent. C'est ce qu'on veut dire par une monade, un point de vue, ou, plus exactement, un genre de navigation qui compose une entité au travers d'autres entités et, par ce biais, les singularise toutes successivement — « toutes » étant une liste ouverte dont la taille et la précision dépendent de recherches complémentaires et jamais de l'irruption soudaine d'un niveau supérieur.

En d'autres termes, les données peuvent être traitées par deux procédures de navigation opposées : une qui repose sur une série de sauts (de l'atome à l'interaction puis à la structure — et vice versa), et l'autre qui repose sur *le principe monadologique*. Introduit dans la théorie sociale par Tarde par le biais de moyens littéraires, puis abandonné en raison du manque de moyens empiriques pour la mettre en œuvre, ce principe pourrait connaître une seconde vie grâce aux nouvelles techniques de navigation et de visualisation numériques disponibles (Candea 2010).

Pour résumer cette seconde section, il est important de souligner que nous sommes parfaitement conscients qu'une telle définition reste très tributaire de la qualité et de la quantité d'informations ainsi que des techniques de visualisation à notre disposition. Souvenons-nous que notre analyse est strictement limitée au processus de recherches dans les bases de données numériques et que nous ne tenons pas compte de la manière dont ces éléments sont collectés dans la « vraie vie ». Nous admettons qu'identifier des monades ne sera pas toujours faisable. Pour la plupart des entités, le profilage sera impossible pour un certain nombre de raisons: a) nos techniques d'observation sont trop rudimentaires pour suivre chaque entité individuellement — c'est souvent le cas avec les fourmis d'une fourmilière, les cellules d'un organe, des acteurs humains dans un sondage de grande échelle; b) les entités sont vraiment interchangeables puisqu'il n'y a aucun moyen, même avec les

outils de suivi les plus sophistiqués, de les différencier entre elles — ce sera le cas d'atomes dans un gaz (Jensen 2001); c) même s'il était possible de les différencier, la plupart de ces informations devraient être effacées ou gardées secrètes pour des raisons d'éthique — c'est généralement le cas des appels téléphoniques, réseaux sociaux, fichiers médicaux, etc.; d) bien qu'ils se revendiquent transparents et égalitaires, la plupart des bases de données actuels sont pleines d'inégalités de statuts et la plupart dépendent de définitions plutôt grossières du monde social.

Nous affirmons simplement que chaque fois qu'il est possible de recourir aux profils, le principe monadologique se révélera fructueux. La raison pour laquelle nous insistons tant sur cet aspect est qu'il suit un autre des raisonnements de Tarde qui stipule que l'approche A-1 n'a pas du tout à être limitée aux acteurs *humains*. Chaque fois qu'un chercheur a réussi, par le biais d'une stratégie de recherche habile, à isoler des profils particuliers d'agents — babouins (Strum and Fedigan 2000), bactéries (Stewart et al. 2004), publications scientifiques (Chavalarias and Cointet 2006), réseaux sociaux (White 2008), corporations (Stark and Vedres 2006), pour citer quelques exemples qui ont fourni des résultats remarquables — la portée de l'approche A-2 s'est considérablement affaiblie. Ainsi, les premiers primatologues considéraient les babouins comme vivant « à l'intérieur » d'une structure sociale très rigide dominée exclusivement par les mâles, jusqu'à ce que des techniques plus avancées d'individualisation permettent de cartographier la contribution de tous les individus superposés, révélant les qualités sociales remarquables des femelles babouins (Strum 1995). C'est la raison pour laquelle nous sommes convaincus que la procédure de navigation A-1 apportera une alternative utile dans la collecte et l'organisation de bases de données.

3. Se passer du « méta-répartiteur »

Après avoir montré comment la notion de monades peut modifier la distribution des rôles entre éléments de taille atomique et interactions, nous devons étudier comment elle peut se substituer à la notion de structure — que cette dernière apparaisse avant les interactions comme dans les théories holistes, ou à la fin, comme dans les théories individualistes. Avons-nous vraiment besoin de ce niveau pour comprendre le comportement collectif maintenant qu'il est devenu plus simple d'accéder à des profils élargis et superposés ?

Le problème vient du point de départ utilisé dans l'approche A-2 pour formuler cette question. Dans sa version la plus classique, elle repose sur la présomption que les comportements collectifs sont déterminés à partir d'un point central qui demeure une constante, quel que soit le nom qu'on lui donne au fil de l'histoire intellectuelle : Providence, super-organisme, État, organe politique, sélection naturelle, etc. Pour rester neutre, on l'appellera un *méta-répartiteur*. Cette idée est si profondément ancrée que même ceux qui contestent son existence ne peuvent s'empêcher de la prendre comme point de départ. C'est parce qu'ils se sentent obligés de discuter l'existence de ce méta-répartiteur que nombre de scientifiques, lorsqu'ils élaborent leurs modèles, définissent la question de la manière suivante : « comment se fait-il que les individus puissent créer un ordre *sans l'existence* d'aucun répartiteur ? »

Par exemple, comment les fourmis, *sans* aucun super-organisme et en l'absence de planification centralisée du type « esprit de la fourmilière », sont-elles néanmoins capables de construire des nids aussi fonctionnels (Wilson 1971; Kuong et al. 2011); comment le public d'un stade peut-il si bien coordonner les mouvements d'une « Ola! » *sans* aucun élément centralisateur donnant le signal ou des instructions pour lancer le processus de la vague (Farkas 2002); comment un vol d'oiseaux, les éléments égoïstes et calculateurs d'un marché, et ainsi de suite, peuvent-ils faire preuve d'ordre *sans* qu'un ordre soit donné ? La fourmi ne voit pas la globalité du nid ; le fan de football ne contrôle pas le mouvement de la « Ola! »; aucun oiseau n'a de vision du vol tout entier, aucun gène n'anticipe le phénotype qu'il finit par produire, aucun agent économique n'entrevoit la globalité du marché, etc. Et pourtant, les gens semblent s'étonner qu'au final, il existe des structures et des ordres. D'où l'objectif annoncé des théories sociales de comprendre qu'un tel exploit soit possible « en l'absence » de répartiteur central. Dans tous ces programmes de recherches, l'approche A-2 distingue d'un côté un méta-répartiteur qui pourrait « en théorie » obtenir le même résultat mais qui est dans les faits *absent* et, d'un autre côté, la surprenante capacité de chaque élément de taille atomique à « obéir » à l'ordre d'un maître inexistant. N'est-ce pas quasiment un miracle ? C'en est un en effet...

Quoique cette approche semble de bon sens, nous pensons que c'est elle qui a acculé de nombreux programmes de recherches dans une impasse. Elle implique en effet que la structure émergente des interactions entre les éléments atomiques devrait, au final, *imiter* ce que le répartiteur (absent) était censé faire : à savoir, créer des règles de comportement et donner des ordres aux éléments. Comme nous le verrons, cette définition place les analystes face à un dilemme, les contraignant simultanément à dire que la structure fait *le même travail* que le répartiteur mythique et pourtant que c'est totalement différent puisque le répartiteur n'existe *pas* ! Le résultat net et paradoxal est de rendre le paradigme qui fait passer du micro niveau au macro impossible à différencier de son prétendu opposant, qui va du macro au micro. S'il n'y a pas de répartiteur, pourquoi demander à une structure émergente qu'elle remplisse *les mêmes fonctions* que ce fantôme ? L'existence subliminale d'un méta-répartiteur — même lorsqu'il est dit ne *pas* exister — paralyse les théories sociales dans leur recherche du bon moyen de définir le phénomène clé du social. C'est le fantôme qui effraie la recherche, encore plus sûrement que le mythe d'un individu conçu comme un atome (Tarde 1999 [1895]).

De la même façon que l'approche A-2 prend l'élément individuel pour un atome, et donc passe à côté du profil qui l'individualise (comme nous avons vu dans la section 2), l'approche A-2 passe encore plus sûrement à côté de la définition de ce qu'est une totalité en définissant la structure comme l'équivalent fonctionnel du « tout » (absent). Si les monades ne sont pas des atomes, elles « n'entrent pas » non plus « dans » ou « ne finissent pas par former » des structures.

Cette analyse perd son apparence de radicalité lorsqu'on prend en compte, une fois de plus, l'expérience pratique consistant à naviguer dans les fichiers de données. Lorsqu'on dit, par exemple, que des fourmis, en interagissant, produisent involontairement une fourmilière « sans » être elles-mêmes conscientes du « plan d'ensemble », nous avons involontairement confondu *deux* points de vue différents : celui de la fourmi *et celui de*

l'éthologue. C'est ce qui explique la déconnexion quand on dit que les fourmis, par le biais de leurs interactions aveugles, « engendrent » la structure émergente du nid. A proprement parler, elles n'engendrent rien de la sorte — l'information concernant le nid qu'elles construisent est juste une autre monade, un nid individualisé défini par les fourmis qui vivent à l'intérieur. Ce que nous appelons la « structure émergente du nid » est une question qui concerne l'observateur *humain* mais pas les fourmis elles-mêmes. Alors qu'en se basant sur l'approche A-2, il semble qu'il existe une voie qui mène du premier niveau au second, cette voie n'est rien qu'une connexion virtuelle due au fantôme du répartiteur central et au fait que les scientifiques oublient qu'ils observent la situation à partir de deux points de vue sans aucun lien pratique entre eux : les fourmis ne s'intéressent pas aux « liens-atomiques-entre-fourmis-aveugles-mais-néanmoins-capables-de-résoudre-le-problème-de-l'ordre-social-global ». Si nous voulions tenir compte de leur expérience de la globalité, les fourmis devraient pouvoir s'intéresser à un phénomène entièrement différent de celui de l'objectif fantôme désigné par l'approche A-2 — là réside le grand intérêt du concept de la « stigmergie » (Theraulaz and Bonabeau 1999).

Il serait encore moins scientifique de demander aux fourmis de résoudre cette question anthropocentrique puisque celle-ci a peu de sens, même pour des humains (Garfinkel 2002)! Les êtres humains devraient eux aussi pouvoir bénéficier d'une expérience différente de la totalité. Il en va pour les hommes comme pour les fourmis — ou toute autre entité pour qui, en fonction des profils numériques disponibles, le principe monadologique peut être appliqué. Aucune de ces entités ne tente de résoudre la question des structures émergentes, pas plus les fourmis que les autres. Toutes sont activement occupées à quelque chose de totalement différent puisque chaque monade, par définition, possède sa propre vision spécifique du « tout ». Ce qui était une connexion fictive pour les fourmis l'est aussi pour les humains.

Naviguer à travers les profils distincts implique que nous devons tenir compte d'*autant de totalités* qu'il y a d'entités, et que nous n'essayons pas de définir un lien entre des atomes aveugles et des structures émergentes. L'approche A-1 devrait livrer une expérience différente des totalités, exactement comme elle change la définition de ce que qu'est un agent individuel. D'après nous, les techniques numériques rognent *les deux extrémités* de ce que les théories sociales considèrent comme leur ancrage indispensable, en donnant ainsi l'occasion d'illustrer d'autres visions de l'ordre social. Et pourtant, il est difficile de se défaire de l'impression que les éléments humains sont vraiment différents et devraient être traités différemment des autres entités. Ils sont en effet différents mais pas nécessairement pour la raison généralement avancée par ceux qui veulent appliquer les méthodes quantitatives des sciences naturelles aux sociétés humaines. Les êtres humains diffèrent car ils sont souvent eux-mêmes pourvus de nombreux *instruments* pour collecter, compiler, représenter ou même calculer le « tout » dans lequel on dit qu'ils évoluent (Desrosières 1993). C'est l'aspect essentiel de l'ethnométhodologie (Garfinkel 2007). C'est un principe important des *science studies* ainsi que l'argument central de la théorie de l'acteur-réseau, selon lequel les instruments pratiques qui permettent à un acteur de « voir la société toute entière » devraient être pris en compte pour toute expérience de l'ordre social (Law 2004; Latour 2006). Ce vaste programme de recherches a été adopté en physique (Galison 2003),

biologie (Landeker 2007), comptabilité (Power 1995), économie (Callon 1998), ainsi qu'en cartographie (Jacob 1992), géographie (Glenny and Thrift 2009) et même en sociologie (Foucault 1997). Chaque fois, il est possible de démontrer que les *instruments* fournissent une vision à la fois vaste et limitée de l'ensemble, que nous avons appelé, pour cette raison, *oligoptique* par opposition à *panoptique* (Latour and Hermant 1998). C'est là le type de « stigmergie » pertinente pour les acteurs humains.

L'existence de ces *oligoptiques* est typique des sociétés humaines et justifie que, lorsqu'on réfère aux associations *entre humains*, il soit pertinent de parler de totalités. Néanmoins, il faut prendre en compte de nombreux types de « totalités » pour rendre compte de l'étrange obsession des monades humaines pour décrire leurs propres interactions et pour stabiliser, simplifier et standardiser leurs connexions entrecroisées (voir section 5). Ceci a peu de rapport avec le fait de passer d'un niveau à un autre, comme suggéré par l'approche A-2. C'est une chose de dire que, contrairement aux agents humains, les fourmis (ou oiseaux, cellules, atomes) ne bénéficient *pas* de ces « technologies intellectuelles » pour construire des ensembles partiels. C'en est une complètement différente de prétendre qu'il existe un second niveau, celui d'un « tout » qui serait commun à la fois aux fourmis et aux hommes. Les deux arguments ne découlent pas du tout l'un de l'autre.

Pour saisir ce qui n'en reste pas moins une véritable différence entre les sociétés d'humains et les autres (surtout les collectifs ayant un fort développement scientifique et technique), disons que les monades sont mieux définies par une approche que nous appellerons A-1,5. Par cette expression nous voulons dire que a) même si chaque monade possède sa propre version du tout, il existe une série d'instruments intellectuels et techniques pour favoriser le chevauchement de différentes définitions distinctes de cet ensemble, sans que ces diverses définitions parviennent à s'agréger suffisamment pour créer un second niveau qui les unifierait toutes et b) que cela explique l'impression qu'il y a « plus » dans les actions collectives que ce qui existe dans les atomes individuels. Cette expression d'une approche A-1,5 n'est qu'un moyen de rappeler au lecteur notre thèse générale : les deux extrémités auxquelles tant de théories sociales se trouvent accrochées — l'acteur et le système — ont perdu une grande partie de leur solidité avec le principe monadologique qui procure une autre expérience de la navigation à travers les données numériques.

La conclusion de cette troisième section est qu'une autre expérience d'« être à l'intérieur d'un tout » devrait être explorée, qu'elle a peu de rapport avec le fait d'« être la partie » au sein d'une « structure », que celle-ci soit pensée sous la forme d'un super-organisme *sui generis* ou d'un niveau émergent.

4. Comment naviguer à travers le chevauchement des monades

Après avoir recouru aux outils numériques pour tester les définitions alternatives d'atome, interactions et structures proposés par Tarde, nous sommes mieux équipés pour voir si la notion de chevauchement des monades parvient à nous représenter les données de façon cohérente. Nous affirmons que la plupart des objections levées contre les

approches A-1 et A-1,5 (et, particulièrement contre le retour imprévu de Tarde) reposent sur un manque d'outils efficaces de visualisation. En leur absence, même s'il existe une alternative théorique à l'approche A-2 celle-ci continue à sembler la seule solution acceptable. Pour montrer qu'il est possible de s'en passer, nous allons recourir à l'exemple des *paradigmes scientifiques*. Leur étude bénéficie aujourd'hui d'un niveau de qualité et d'une masse d'informations sans égal dans d'autres domaines du comportement collectif puisque presque chaque mot écrit par chaque auteur dans chaque publication citée dans n'importe quel texte postérieur est accessible en quelques clics sous forme numérique (Grauwin et al. 2009; Grauwin 2011; Grauwin 2012; Cointet 2009). De plus cet exemple a été au cœur de nombreuses études de sociologie des sciences (Merton 1973) et constitue l'exemple favori de Tarde... On pourrait même prétendre que, avant l'avènement des outils numériques, la littérature scientifique était le seul domaine dans lequel la quantité et la qualité des informations était semblable à celle qui constitue aujourd'hui la norme pour toutes sortes de profils distincts — une idée féconde qui n'a pas échappé aux fondateurs de Google (Brin and Page 1998).

Poursuivons notre navigation à travers les profils pour répondre à la question suivante : « Que signifie faire 'partie' d'un paradigme P ? » Selon le principe monadologique, le point de départ a peu d'importance puisque, en partant de n'importe quelle entité, nous finirons par visiter la liste de tous ses attributs saisies à partir de son point de vue spécifique : nous pouvons commencer par un scientifique, un papier, un mot clé, une institution ou une méthode expérimentale, selon notre envie. Commençons, par le cas de l'« auto-organisation » à partir des mots-clés et des citations des articles de ce domaine (Grauwin 2011).

[Figure III reproduite au fond de l'article]

Le problème, à présent, consiste à cartographier autant de « tous » qu'il y a de parties, c'est à dire, de monades. Au lieu de diviser le travail entre des atomes, puis des interactions enfin des structures, nous allons définir des *intersections* de monades à chaque fois que les attributs d'une liste se retrouvent dans la liste d'une autre entité (Figure III). Au lieu de suivre la stratégie de recherches habituelle : « passer des interactions simples à des structures plus complexes », nous allons la prendre à contre-pied : « commencer avec des chevauchements complexes de monades et définir les quelques caractéristiques qu'elles partagent ».

Il est vrai qu'en proposant une telle navigation nous nous éloignons du rêve de simulation et de prédiction pour explorer une nouvelle voie, celle de la *description* où la valeur ajoutée n'est plus le pouvoir de prédiction, mais le passage progressif des chevauchements confus à des mises au point successives d'ensembles provisoires. Au lieu d'essayer de simuler et prédire l'ordre social, nous préférons suivre les traces laissées par le mouvement de acteurs afin de produire une base de données suffisamment riche (Grauwin 2011). En d'autres termes, l'exploration de données n'est pas le résultat d'une pratique scientifique similaire à la simulation : au lieu de se demander comment les structures globales émergent des interactions locales, nous nous proposons d'illustrer un outil de

navigation qui guide l'attention de l'observateur depuis des chevauchements confus vers les quelques éléments qui voyagent d'une monade à l'autre, un peu à la manière des normes et des standards dans les systèmes techniques (Gleenie and Thrift 2009).

Avant de se plaindre que tout ceci est trop déroutant, il convient de se rappeler combien il était déroutant, au début, de devoir définir une structure générale (par exemple « le paradigme de l'auto-organisation »), pour ensuite montrer que la plupart des cas particuliers ne « rentrent pas » dans cette structure générale. Thomas Kuhn, le premier à introduire la notion de paradigme, savait bien à quel point cette notion était branlante, et chaque scientifique sait combien il est difficile de définir précisément le domaine dans lequel il ou elle travaille. Est-il possible de rendre justice à une expérience aussi commune en passant de la prédiction et la simulation à la description et à l'exploration de données ? Notre approche suggère une manière de naviguer à travers les paysages des données d'un point de vue monadologique, ce qui permettrait de saisir la richesse des associations tout en restant fidèle à la complexité des acteurs.

C'est là que la question de visualisation devient si cruciale : Peut-on concevoir un espace dans lequel des monades idiosyncratiques pourraient être projetées et qui révélerait ceux de leurs attributs qui se superposent sans crainte de perdre leurs spécificités ? Pour étudier cette possibilité, nous devons prendre en compte deux pratiques communes en matière d'exploitation des données.

La première pratique consiste en ce geste souvent inconscient que nous faisons tous en encerclant une liste de caractéristiques (une forme souvent appelée « patate »!) et décidons de considérer tous ces éléments comme « plus ou moins similaires » et pouvant partager le même nom (peu importe ici que ce soit fait en observant simplement ces données en gros ou par le biais de calculs de correspondances extrêmement sophistiqués). Notre but est de pouvoir tracer un tel cercle sans quitter l'approche A-1 puisque le tout n'est pas la structure à laquelle les éléments sont censés appartenir comme dans l'approche A-2 mais *une autre monade* tout aussi spécifique que celles qui la « composent » (voir la définition de « Sciences Po » dans la section 1). Le fait de tracer un cercle n'est rien d'autre que la reconnaissance de la limite extérieure de la monade — dont l'enveloppe, ne l'oublions pas, est définie par la liste de tous ses attributs distinctifs — et non pas la délimitation du « rôle » qu'elle « jouerait » « à l'intérieur » de la « structure ». On pourrait aussi dire que dans une approche A-1, les limites des monades devraient être définies par l'extrémité provisoire de l'expansion de leur contenu, et non par l'ajout d'une catégorie venant d'ailleurs.

La seconde expérience pratique consiste à noter que de nombreux mouvements peuvent désormais s'effectuer *à l'ordinateur* qu'il n'était pas possible de réaliser sur papier (une caractéristique qui rend la *rédaction* d'articles sur le sujet très délicat!). La projection de monades qui s'entrecroisent cesse d'être aussi confuse s'il est possible de les faire apparaître successivement et de montrer comment chacune d'elles contribue au chevauchement (voir le film qui s'y rapporte -<http://medialab.sciences-po.fr/publications/monads/vidé> Comme nous l'avons dit plus haut, c'est cette nouvelle capacité de navigation qui a rendu les deux extrémités usuelles de « l'agent individuel » et de la « structure » moins pertinents que la superposition d'acteurs-réseaux explorés en succession (voir figure III).

Si nous prenons en compte l'expérience de la navigation numérique, qu'advient-il de la notion de « tout » ? Lorsque nous surfons sur un écran, zoomant en avant ou en arrière, changeant les règles de projection, compilant et ventilant selon différentes variables, ce qui ressort est ce qui reste constant au travers des changements de perspectives (Gibson 1986). C'est là notre « ensemble » au sens de l'approche A-1. Comme on s'y attendait, sa taille s'est considérablement réduite ! Au lieu d'être une structure plus complexe que ses composants distincts, elle est devenue un ensemble *plus simple* d'attributs dont la composition interne est en perpétuel changement. Le tout est désormais beaucoup plus petit que la somme de ses éléments. Faire partie d'un ensemble n'est plus « pénétrer » à l'intérieur d'une entité supérieure ni « obéir » à un méta-répartiteur (que ce répartiteur soit une personne morale, une société *sui generis*, ou une structure émergente). Pour quelque monade que ce soit, c'est *partager une part d'elle-même* avec d'autres monades sans qu'aucune d'elles n'y perde son identité multiple.

En résumé, nous nous trouvons face à deux idées contradictoires de ce qu'est l'analyse de phénomènes collectifs complexes. Dans l'approche A-2, il est possible de construire un modèle à condition de commencer par de simples atomes qui interagissent selon des règles simples, et de tester si une structure stable apparaît au final. Dans l'approche A-1, on commence, au contraire, par des acteurs-réseaux extrêmement complexes qui n'« interagissent » pas vraiment, mais qui se superposent plutôt l'un l'autre. Ensuite, on extrait de ces superpositions les attributs que certains partagent. Si les techniques de navigation que nous proposons fonctionnent — et c'est un très grand « si » — nous serons parvenus à cartographier un phénomène collectif sans jamais tenir compte ni des composants individuels ni de la structure. Dans ce cas-là, nous aurons justifié le concept que Tarde ne pouvait démontrer du fait de l'absence de données numériques disponibles...

5. Apprendre à visualiser des « totalités partielles »

Que signifie suivre un phénomène collectif dans une procédure de navigation conforme à l'approche A-1 ? Quand un observateur transforme rapidement un point sur lequel il clique en une monade pleinement définie par la liste de ses attributs, il a *déjà* à faire avec un phénomène collectif (mais pas au sens que le mot collectif possède dans l'approche A-2). L'observateur en effet *collecte* des articles successifs et les *encercle dans* ce qui est devenu le nom propre d'une monade spécifique. Dans ce cas, il a bien à faire avec un collectif de type A-1, ou mieux, à une *activité de collecte* : cette activité, c'est *cette* monade qui regroupe, assemble, spécifie, saisie, englobe, enveloppe ces attributs d'une façon unique.

Donc, alors que dans l'approche A-2, certains éléments sont destinés à jouer le rôle de « parties » tandis que d'autres sont appelés des « tous », dans l'approche A-1, nous ne tenons compte d'aucune différence de dimension entre les entités. Dans l'exemple ci-dessus, on peut suivre n'importe quel fil comme point de départ pour définir un paradigme : un chercheur, un papier, une université, un concept ou un mot-clé. Chacun d'eux est autant une « partie » qu'un « tout », c'est à dire, une monade (ou un acteur-réseau).

En d'autres termes, chaque entité peut avoir son propre curriculum vitae, ou sa propre trajectoire au travers des attributs successifs.

Le fait que, dans une approche A-1 toutes les entités ont le même statut ne signifie pas qu'elles soient identiques. Il est fréquent, lorsqu'on surfe à travers des fichiers de données, de rencontrer plus souvent certaines entités que d'autres. Par exemple, dans la section 1, nous avons dit que « Sciences Po » entrainait dans le profil (ou le curriculum vitae) d'« Hervé C. ». Selon nos données, cependant, nous voyons que cet attribut apparaît aussi dans les profils de « Dominique B. » et « Pierre-André R. » etc. Nous savons que cette répétition ne signifie pas que c'est une « structure » dont ces trois chercheurs seraient simplement membres, même s'il est tentant de raccourcir cette liste en énonçant les faits de cette manière, et donc en retombant dans l'approche A-2. Ce que nous voulons, c'est demeurer tout au long dans les approches A-1 ou A-1,5.

Pour comprendre pourquoi nous devons résister à la tentation de raccourcir les séries de répétitions en les traitant comme des structures émergentes, il faut considérer que chaque fois que « Sciences-Po » apparaît dans le profil d'une autre monade, il est répété *avec des variations*. Comme nous l'avons dit dans la section 1, chaque fois qu'une entité est associée à une nouvelle monade, l'entité se distingue par le biais des associations *précédentes* regroupées par cette monade. Le « Sciences Po » d'« Hervé C. » est autant modifiée par le fait d'être le « Sciences Po » de « Dominique B. ». Par conséquent, nous avons à présent un nouveau fichier composé de la *répétition* des mêmes caractéristiques *plus les variations* qu'elles ont subies dans chacune des monades qui le composent. Un tel fichier est ce que les spécialistes des sciences sociales appellent une « institution », une « organisation », ou, plus simplement, un « groupe ».

Ce nouveau point doit être abordé avec de grandes précautions car, dans l'approche A-2, il a été confondu avec celui de la structure considéré comme une entité d'un niveau supérieur, apparue mystérieusement suite à des interactions au niveau inférieur. Émergeant à *un autre niveau*, les structures sont dites indépendantes des interactions qui les ont créées et pourtant capables de leur envoyer des ordres, de définir des fonctions, d'attribuer des rôles aux « éléments » à la manière d'un méta-répartiteur. C'est cette confusion qui a créé l'idée d'une « personne morale » dont les humains ne seraient que de simples « membres » provisoires. Plus d'un discours émouvant a été prononcé par des responsables sur le contraste entre, par exemple, la « structure durable » de l'université et le rapide renouvellement de ses occupants éphémères et passagers — une approche A-2 par excellence...

Dans l'approche A-1, les institutions ne ressemblent en rien aux structures, elles sont juste une certaine trajectoire à travers les données, trajectoire qui débute à un point d'entrée différent de la base de données : au lieu de demander quelles institutions apparaissent dans le profil d'un individu donné, nous demandons quels individus apparaissent dans le profil d'une institution. C'est la même matrice mais pas la même navigation : les « totalités » ne sont rien de plus que d'autres moyens de traiter les profils entrecroisés. C'est ce type de navigation auquel Tarde a donné le nom ambigu d'« imitation » et ce type de dissémination qu'il a appelé « rayons imitatifs » (Tarde 1903; Sperber 1996). Si nous avons raison, l'« imitation » pour lui n'est pas avant tout un phénomène psychologique, mais la prise de

conscience que les monades partagent des caractéristiques modifiées par chaque partage, et dont le résultat est une liste composée du « même » élément répété *différemment* (Deleuze 1968).

Il n'y a donc pas de distinction notable, réelle, ontologique entre les concepts d'individus, de groupes ou d'institutions. La seule différence dans ce que nous appelons institutions est la monade qui revient *le plus souvent* dans la base de données — et sa détection est empirique dépendant entièrement de la qualité de la base de données. Dans l'exemple que nous avons utilisé au début de ce papier, la seule chose qui distingue « Sciences Po » d'« Hervé C. » est le fait que la première pourrait apparaître *plus fréquemment* que le second... Si dans le fichier de données, un élément est cité plus souvent, alors *c'est* une organisation, c'est à dire, ce qui est distribué au travers d'une multiplicité de monades sans être elle-même plus complexe qu'aucune d'elles — un peu à la manière d'une norme ou d'un standard. Si Hervé C. était cité plus souvent que son école, il serait *cette* institution...

Si cette différence purement quantitative paraît trop radicale, c'est que nous tirons la très simple conséquence que tous les termes comme « organisations » ou « participants » comme tous les autres termes que nous avons utilisés dans ce papier — « éléments », « ensembles », « individus », « structure », « membres », « monades » — ne sont que des *moyens de naviguer* dans les données. Distinguer, collecter, regrouper, and coordonner sont autant de pistes laissées par les moteurs de recherche à travers les profils constitués d'attributs résumés par des noms servant de raccourcis. Comme Tarde l'a si remarquablement décrit, tous ces termes canoniques de la théorie sociale sont simplement l'enregistrement de différences *quantitatives* dans l'étendue relative des attributs (Tarde 1903; Latour 2010).

Cette définition de ce que c'est qu'un groupe ou une association pourrait résoudre un problème épineux qui a grandement empêché que l'on se concentre sur le principal phénomène du social — et pourrait aussi aider à visualiser l'approche A-1. Les théories venues de l'approche A-2 reposent souvent sur l'idée contradictoire que le niveau macro est composé d'entités *virtuelles* mais *stables* tandis que le niveau micro est composé d'entités *réelles* mais *transitoires*. Paradoxalement, on considère que le plus durable existe virtuellement, tandis que ce qui existe « vraiment » semble temporaire... Un type de définition étrange qui explique le mystère entourant les phénomènes collectifs, qu'il s'agisse des cellules d'un corps (Riboli-Sasco 2010), des fourmis d'une fourmilière ou d'acteurs d'une société (Karsenti 2006).

Dans l'approche A-1, au contraire, il n'y a aucune ambiguïté concernant le fait que les profils qui durent sont composés d'attributs qui *ne durent pas* (Debaise 2008). Si ce processus paraît mystérieux, c'est seulement parce que nous nous trompons sur la différence qu'il s'agit d'expliquer : nous croyons qu'il s'agit d'expliquer celle entre le virtuel et le réel, le macro et le micro, le général et le particulier alors qu'il faut détecter la différence entre ce qui est transmis d'une monade à l'autre, d'une part, et, d'autre part, la légère transformation subie par ce qui est transmis. Si « Sciences Po » perdure, ce n'est pas parce qu'elle est supérieure ni même différente des monades qui la composent. C'est parce qu'elle est *répétée avec des variations* d'une monade à l'autre : suffisamment répétée pour être identifiée

comme étant la même ; suffisamment variée pour être transposée plus loin dans le temps et l'espace. Loin d'exister à un niveau supérieur et virtuel, ce que nous appelons « institutions », « organisations » ou « groupes » ne sont que les efforts des monades pour rendre certaines de leurs caractéristiques suffisamment flexibles pour être traduites par de nombreuses autres monades, et en même temps, suffisamment stables pour être reconnues comme leurs transformations (Figure IV a et b). Le travail nécessaire pour définir les frontières d'une entité et lui assigner un nom propre fait partie de cet effort, de même que le travail de préservation de la continuité de ces noms et de ces frontières.

[Figure IV a et b reproduites au fond de l'article]

Une fois de plus, nous devons comprendre qu'encercler un ensemble de caractéristiques ne signifie pas qu'une structure prend le dessus, mais simplement que la *limite* de la monade a été atteinte et soulignée. A l'intérieur de ce cercle, tout pourrait changer avec le temps : par exemple, le domaine de l'« auto-organisation » à l'instant zéro peut être constitué de mots-clés, d'auteurs et des concepts A, B, C, puis, après quelques répliques, il pourrait se transformer pour inclure X, Y, et Z. Chaque article composant les profils successifs d'« auto-organisation » pourrait changer, de même que le nom (ce que nous appelons aujourd'hui « auto-organisation » était quelque chose d'entièrement différent il y a quelques décennies). Ce qui compte c'est que le changement soit suffisamment progressif pour préserver la continuité. Tout peut changer, mais pas d'un seul coup. Nous ne devons pas avoir à dire : « et pourtant, c'est le même paradigme de l'auto-organisation » comme si, par ces changements, quelque chose, la structure, était resté identique (même virtuellement). Nous devrions dire : « regardez, au contraire, comme il est différent ; mais grâce à la manière dont les participants ont imbriqué leurs définitions, chaque modification a *hérité* quelque chose de son prédécesseur au travers d'un canal qui peut être défini en cliquant sur le profil de ce participant ». Encore une fois, une navigation différente génère une définition différente de ce qui est collectif, c'est-à-dire, une entité *collectée*. Au sens strict du terme, nous ne devrions plus parler de phénomènes collectifs par opposition à des phénomènes individuels, mais seulement d'autant de façons différentes de *collecter* des phénomènes.

6. Conclusion

Dans cet article, nous avons saisi l'occasion offerte par la soudaine prolifération de bases de données numériques pour revisiter l'ancienne théorie sociale proposée par Gabriel Tarde avant que soient disponibles un grand nombre d'outils statistiques et avant le retranchement de bien des théories sociales dans l'approche A-2. C'est parce que ces bases de données répandent l'expérience de définir un acteur susceptible par le réseau de ses attributs qu'il existe une chance d'échapper à la distinction individu/structure. Les monades dissolvent le dilemme, et redéfinissent la notion de totalité en la resituant comme étant l'héritage réciproque des entités qui s'entrecroisent

Nous sommes bien conscients que ces bases de données sont pleines de défauts, qu'elles incarnent elles-mêmes une définition plutôt grossière de la société, qu'elles sont marquées par de fortes asymétries de pouvoir, et surtout, qu'elles ne caractérisent qu'un instant éphémère dans la traçabilité des liens sociaux. Nous sommes aussi douloureusement conscients des contraintes sévères de l'analyse des réseaux et des limites des outils de visualisation disponibles aujourd'hui. Mais il serait dommage de manquer cette occasion d'explorer une alternative aussi fondamentale qui pourrait ainsi attirer les sciences sociales sur le terrain empirique et quantitatif sans renoncer pour autant à se focaliser sur les particularités.

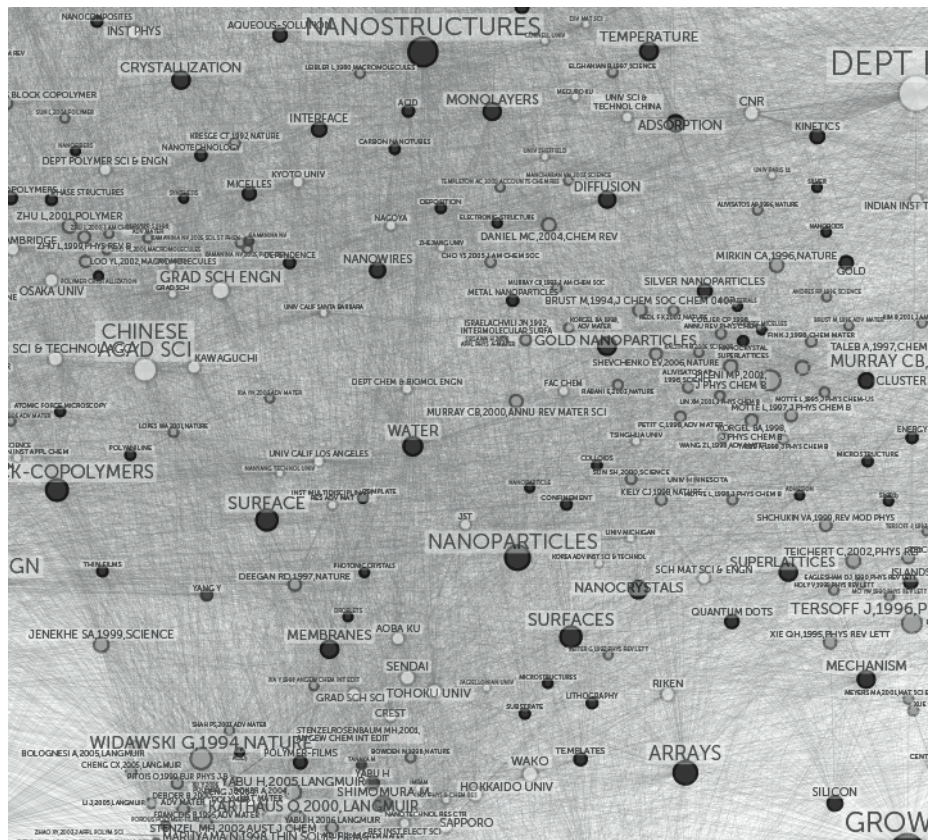


Figure 1:
Détail du 'profil' du mot-clé 'self-organisation'.

Note:

Le réseau de la figure 1 a été dessiné en prenant comme nœuds tous les mots-clés, les auteurs, les références et les adresses des articles qui utilisent le mot-clé 'self-organisation' sur le Web of Science© entre 2006 et 2010. La taille des nœuds et des étiquettes est proportionnelle au nombre d'articles dans lesquels un auteur, une institution, une référence ou un mot-clé apparaît. Un lien entre deux nœuds est créé chaque fois que les deux entités apparaissent dans le même article. Les liens sont pondérés en fonction de la fréquence de la cooccurrence entre les entités.

Pour positionner les nœuds dans l'espace, nous avons utilisé l'algorithme ForceAtlas 2 (Jacomy 2011) implémenté dans le logiciel Gephi (gephi.org). Cet algorithme assigne une force de répulsion aux nœuds et une force d'attraction aux liens pour obtenir une situation d'équilibre dans laquelle les nœuds fortement liés tendent à apparaître proches les uns des autres. Le nœud correspondant à 'self-organisation' a été effacé par souci de lisibilité (par définition il était connecté à tous les nœuds du graphique).

Toutes les images sont disponibles en haute définition sur <http://medialab.sciences-po.fr/publications/monads>

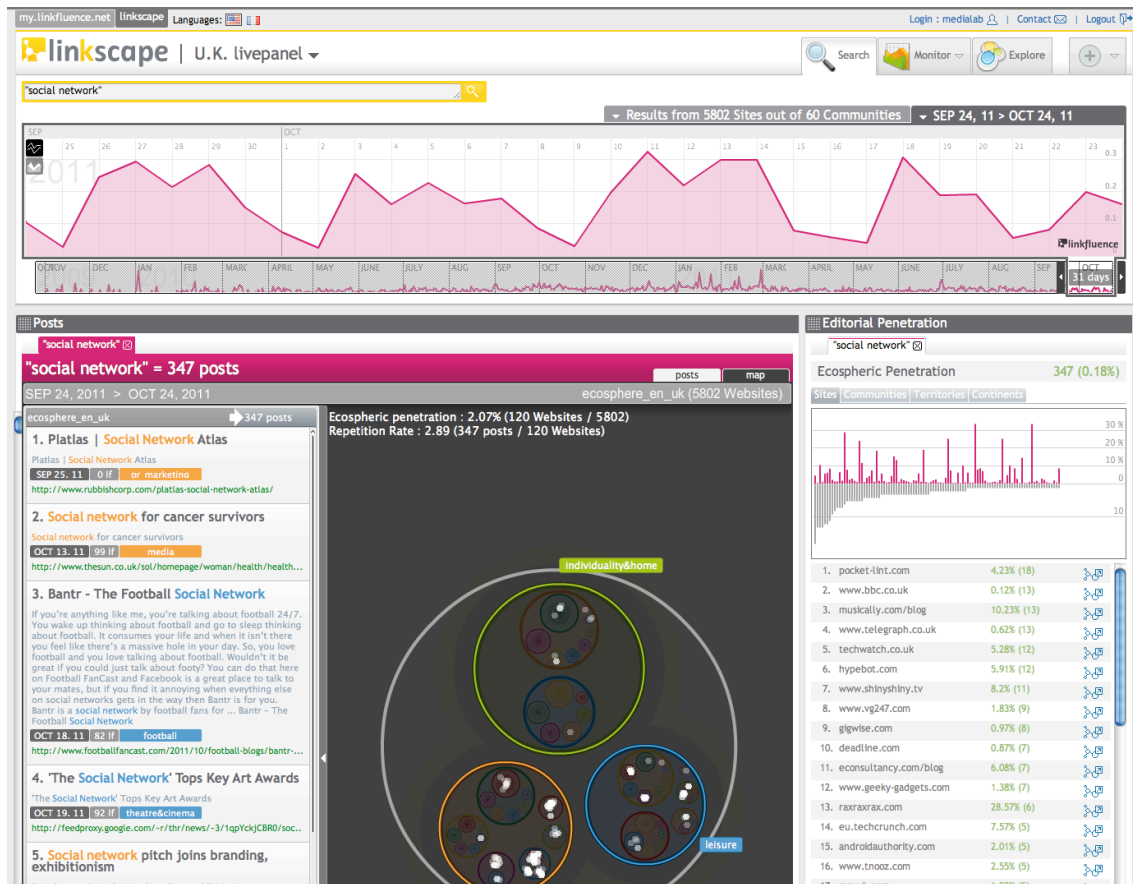


Figure II:

Exemple typique d'interface numérique montrant un mélange de données agrégées et distincts.

Note:

La figure II montre un exemple typique de navigation dans un paysage de données complexe. La capture d'écran montre les données agrégées en haut, les statistiques à droite et les blogs individuels en bas à gauche, avec les mots surlignés (l'exemple provient de la plateforme Linkscope© par Linkfluence©). Ce type de superposition, en rendant visuellement cohérentes les deux extrémités de tant de théories sociales, aide à reconsidérer l'idée tardienne selon laquelle micro et macro constituent un artéfact de la manière dont les données sont traitées.

Toutes les images sont disponibles en haute définition sur <http://medialab.sciences-po.fr/publications/monads>

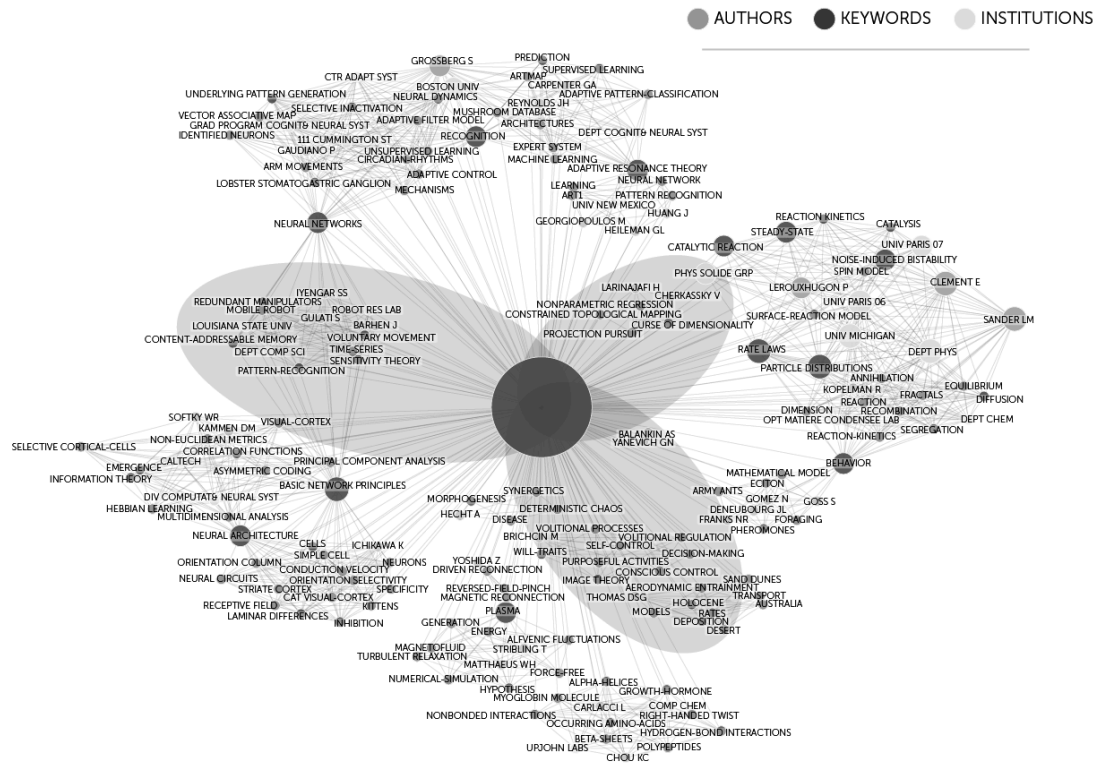


Figure III:
Mot-clé 'self-organisation' en tant que 'tout' partiel

Note:

Le mot-clé 'self-organisation' en tant que 'tout' est le résultat de l'intersection d'éléments qui sont bien plus riches que le mot-clé lui-même. Pour obtenir cette figure nous avons employé la même procédure utilisée dans la figure I, mais en nous limitant aux 18 articles publiés en 1991 et laissons de côté les références des articles. Pour souligner l'idée d' « intersection », les attributs des trois « monades » (articles) sont montrés entourés d'une ellipse.

Toutes les images sont disponibles en haute définition sur <http://medialab.sciences-po.fr/publications/monads>

● PERIODS ● AUTHORS ● KEYWORDS ● ARTICLES

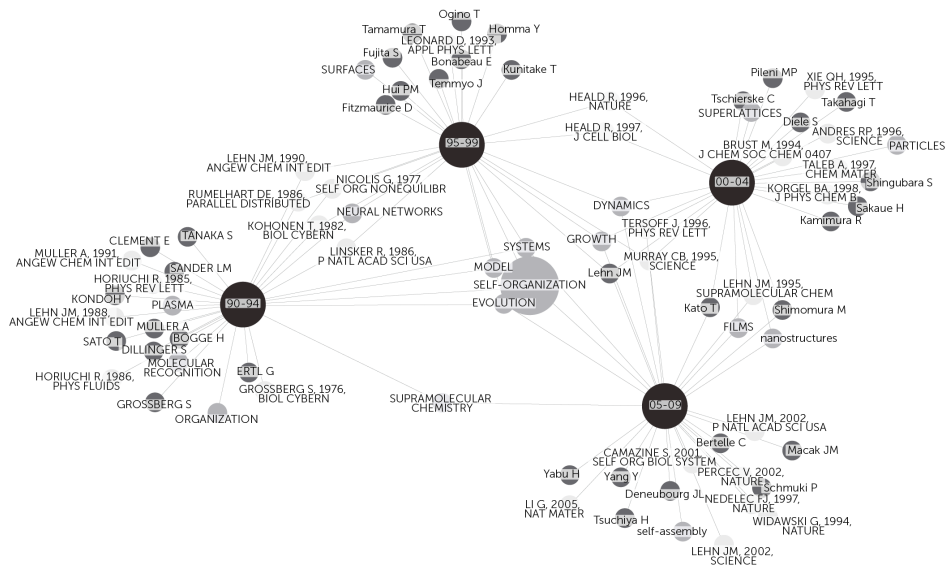


Figure IV (a)

● PERIODS ● AUTHORS ● KEYWORDS ● ARTICLES

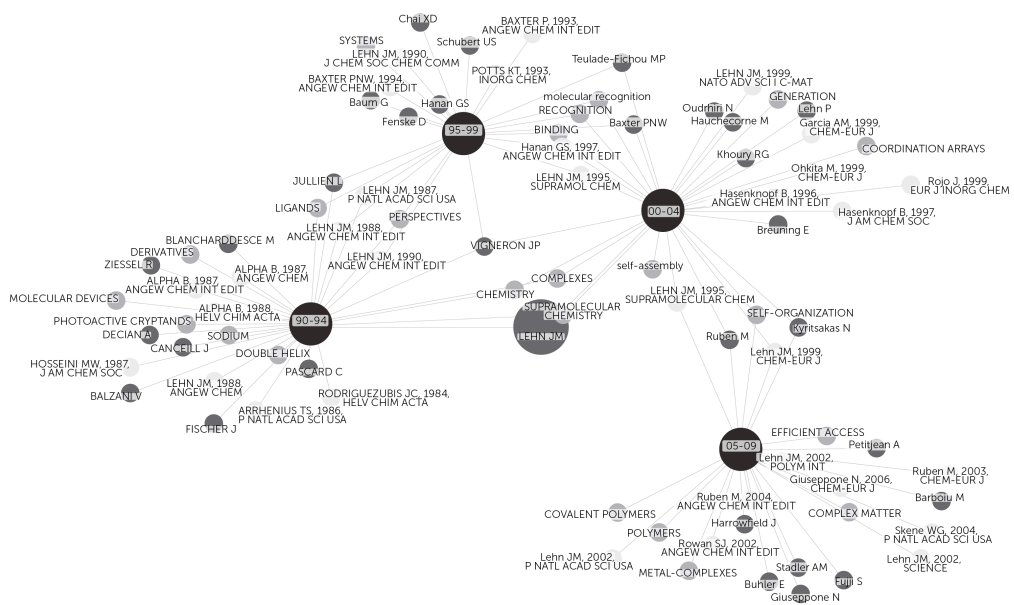


Figure IV (b)

Figure IV (a) et (b): *Evolution progressive du « tout » défini par le mot-clé « self-organisation » de 1990 à 2009*

Note:

(a). Pour chaque tranche de cinq ans (cercles rouges), nous avons choisi les dix auteurs les plus productifs (cercles verts) et les dix références (cercles roses) et mots-clés (cercles bleus) les plus utilisés. Les auteurs, mots-clés ou références sont reliés à la tranche de cinq ans dans laquelle ils apparaissent. La figure montre que, bien que la plupart des entités (auteurs, mots-clés ou références) changent avec le temps, chaque tranche hérite quelque chose de son prédécesseur. Par exemple, dans les années 1990, les scientifiques connectaient leur définition d'auto-assemblage à travers les 'neural networks', tandis que dans les années 2000, 'growth' et 'nanostructures' deviennent un lien plus puissant.

Cette opération est totalement réversible, comme montré dans la figure IV (b) qui prend l'exemple de l'auteur J.M. Lehn (un prix Nobel en chimie). En procédant exactement de la même manière que dans la figure IV (a), nous montrons que, tandis que JM Lehn reste lié au fil des années à 'Supramolecular Chemistry' et 'Complexes', ses collaborateurs ont changé. Il en va de même pour ses principaux centres d'intérêts, passant de 'Double Helix' et 'Ligands' dans les années 1990 à 'self-assembly' dans les années 2000.

Les deux figures montrent aussi que la flèche du temps n'est pas forcément linéaire (ce qui se traduirait dans une suite linéaire des cercles rouges), mais plutôt circulaire car plusieurs éléments reviennent au fil des ans, produisant une attraction entre la première tranche de cinq ans et la dernière.

Toutes les images sont disponibles en haute définition sur <http://medialab.sciences-po.fr/publications/monads>

Bibliographie :

- Axelrod, R.** 1984 *The Evolution of Cooperation*, New York: Basic Books.
- Barabasi, A.-L.** 2003 *Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means*, new York: Plume.
- Boudon, R.** 1981 *The logic of social action : an introduction to sociological analysis (translated by David Silverman)*, London: Routledge.
- Bourdieu, P.** 1972 *Outline of a Theory of Practice*, Cambridge: Cambridge U.P.
- Brin, S. and Page, P.** 1998 'The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine', *Computer Networks and ISDN Systems* 30(1-7): 107—117.
- Calhoun, C., Gerteis, J., Moody, J., Pfaff, S. and Virk, I.** (eds) 2007 *Contemporary Sociological Theory*: Blackwell Publishers.
- Callon, M.** (ed) 1998 *The Laws of the Markets*, Oxford: Blackwell.
- Callon, M. and Latour, B.** 1981 'Unscrewing the Big Leviathans How Do Actors Macrostructure Reality', in K. Knorr and A. Cicourel (eds) *Advances in Social Theory and Methodology. Toward an Integration of Micro and Macro Sociologies*, London: Routledge; « Le grand Léviathan s'apprivoise-t-il ? » **Sociologie de la traduction. Textes fondateurs**, Presses de l'Ecole des Mines de Paris, 2006 (avec Michel Callon), pp.11-32.
- Candea, M.** 2010 *The Social After Gabriel Tarde: Debates and Assessment*, London: Routledge.
- Cho, A.** 2009 'Ourselves and Our Interactions: The Ultimate Physics Problem?', *Science* 325(24 JULY 2009): 406.
- Chavalarias, D. and Cointet, J.-P.** 2009 'The Reconstruction of Science Phylogeny?', *arXiv* (digital preprint).
- Cointet, J.-P.** 2009 *Dynamiques sociales et sémantiques dans les communautés de savoirs Morphogenèse et diffusion*, Paris.
- Clark, T. and Tarde, G.** 2011 [1969] *On Communication and Social Influence. Selected Papers. Edited by Terry N. Clark (republication)*, Chicago: University of Chicago Press. [originally published 1969 *On Communication and Social Influence. Selected Papers. Edited by Terry N. Clark (republication)*, Chicago: University of Chicago Press.
- Dawkins, R.** 1982 *The Extended Phenotype*, Oxford: Oxford University Press.
- Debaise, D.** 2008 'Une métaphysique des possessions. Puissances et sociétés chez Gabriel Tarde', *Revue de Métaphysique et de Morale* 60(8): 447—460.
- Desrosières, A.** 1993 *La politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, Paris: La Découverte.
- Deleuze, G.** 1968 *Différence et répétition*, Paris: PUF.
- Dewey, J.** 2010 *Le public et ses problèmes (Traduit de l'anglais et préfacé par Joelle Zask)*, Pau: Gallimard-Folio.
- Epstein, J. M. and Axtell, R.** 1996 *Growing Artificial Societies. Social Science from the Bottom Up*, Cambridge, Mass: MIT Press.
- Farkas, I., Helbing, D. and Vicsek, T.** 'Social behaviour: Mexican waves in an excitable medium', *Nature* 419(12 Septembre 2002): 131—132.
- Foucault, M.** 1997 *"Il faut défendre la société" (cours de 1976 sous la direction de François Ewald et Alessandro Fontana)*, Paris: Le Seuil.
- Flyvbjerg, B.** 2001 *Making Social Science Matter: Why Social Inquiry Fails and How It Can Succeed Again*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Franzosi, R.** 2004 *From Words to Numbers: Narrative, Data, and Social Science (Structural Analysis in the Social Sciences)*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Galison, P.** 2005 *L'empire du temps : Les horloges d'Einstein et les cartes de Poincaré (traduction par Bella Arman) (folio essai)*, Paris: Robert Laffont.
- Garfinkel, H.** 2007 *Recherches in ethnométhodologie (traduit par Michel Barthélémy et al - Introduction par*

- Michel Barthélémy et Louis Quéré, Paris: PUF.
- Garfinkel, H.** 2002 *Ethnomethodology's Program. Working Out Durkheim's Aphorism (edited and introduced by Anne Warfield Rawls)*, Oxford: Rowman & Littlefield.
- Gibson, J. G.** 1986 *The Ecological Approach to Visual Perception*, London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Giddens, A.** 1984 *The Constitution of Society*, Cambridge: Blackwell.
- Glennie, P. and Thrift, N.** 2009 *Shaping the Day: A History of Timekeeping in England and Wales 1300-1800*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Grauwin, S., Bertin, E., Lemoy, R. and Jensen, P.** 2009 'Competition between collective and individual dynamics', *PNAS* 106: 20622–26.
- Grauwin, S.** 2011 'Exploring Social Phenomena with Complex Systems Tools – The Journey of a Physicist in an Interdisciplinary Playground', Lyon France (<http://www.sebastian-grauwin.com/wp-content/uploads/2011/11/theseSG.pdf>) ENS Lyon.
- Grauwin, S., Beslon, G., Fleury, E., Franceschelli, S., Robardet, C., Rouquier, J. and Jensen, P.** in press 'Complex Systems Science: Dreams of Universality, Reality of Interdisciplinarity', *Journal of the American Society for Information Science and Technology*.
- Hagerstrand, T.** 1953 *Innovation Diffusion as a Spatial Process*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Hirshmann, A. O.** 1980 *Les passions et les intérêts : Justifications politiques du capitalisme avant son apogée (traduit par Pierre Andler)*, Paris: PUF.
- Jacob, C.** 1992 *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, Paris: Albin Michel.
- Jacomy, M., Heymann, S., Venturini, T. and Bastian, M.** 2011 'ForceAtlas2, a graph layout algorithm for handy network visualization', Paris <http://www.medialab.sciences-po.fr/fr/publications-fr/>.
- Jensen, P.** 2001 *Entrer en matière. Les atomes expliquent-ils le monde?*, Paris: Le Seuil.
- Karsenti, B.** 2006 *La société en personnes. Etudes durkheimiennes*, Paris: Economica.
- Knorr, K. and Cicourel, A.** (eds) 1981 *Advances in Social Theory and Methodology. Toward an Integration of Micro and Macro Sociologies*, London: Routledge.
- Khuong, A., Theraulaz, G., Jost, C., Andrea Perna and Gautrais, J.** 2011 'A computational model of ant nest morphogenesis', in T. Lenaerts, M. Giacobini, H. Bersini, P. Bourguine, M. Dorigo and R. Doursat (eds) *Advances in Artificial Life, Proceedings of the Eleventh European Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems, Paris, August 9-12, 2011*, Cambridge, Mass: MIT Press, 404–411.
- Kupiec, J.-J. and Sonigo, P.** 2000 *Ni Dieu ni gène*, Paris: Le Seuil-Collection Science ouverte.
- Landecker, H.** 2007 *Culturing Life. How Cells Became Technology*, Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Latour, B.** 2006 *Changer de société - refaire de la sociologie (traduit par O. Guilhot)*, Paris: La Découverte.
- Latour, B.** 2010 'Tarde's idea of quantification', in M. Candea (ed) *The Social After Gabriel Tarde: Debates and Assessment*, London: Routledge.
- Latour, B. and Hermant, E.** 1998 *Paris ville invisible*, Paris: La Découverte-Les Empêcheurs de penser en rond.
- Law, J.** 2004 *After Method: Mess in Social Science Research*, London: Routledge.
- Law, J. and Hassard, J.** (eds) 1999 *Actor Network and After*, Oxford: Blackwell.
- Merton, R. K.** 1973 *The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Michel, J.-B., Shen, Y. K., Aiden, A. P., Veres, A., Gray, M. K., Pickett, J. P., Hoiberg, D., Clancy, D., Norvig, P., Orwant, J., Pinker, S. and Nowak, M. A.** 2011 'Quantitative Analysis of Culture Using Millions of Digitized Books', *Science* 331(176).
- Milet, J.** 1970 *Gabriel Tarde et la philosophie de l'histoire*, Paris: Vrin.
- Moussaïd, M., Garnier, S., Guy Theraulaz and Helbing, D.** 2009 'Collective information

- processing and pattern formation in swarms, flocks and crowds', *Topics in Cognitive Science* 1(469—497).
- Minsky, M.** 1988 *The Society of Mind*, New York: Simon & Schuster.
- Pasteels, J. and Deneubourg, J.-L.** (eds) 1987 *From Individual to Collective Behavior in Social Insects*, Bâle Boston: Birkhauser Verlag.
- Power, M.** (ed) 1995 *Accounting and Science: Natural Inquiry and Commercial Reason*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Riboli-Sasco, L.** 2010 'Evolving information in living systems, a pathway for the understanding of cooperation and major transitions ' *Frontiers of Life Graduate School*, Paris: Paris Descartes University.
- Schelling, T. C.** 1971 'Dynamic Models of Segregation', *Journal of Mathematical Sociology* 1(143—186).
- Sperber, D.** 1996 *La contagion des idées*, Paris: Editions Odile Jacob.
- Stark, D. and Vedres, B.** 2006 'Social Times of Network Spaces: Network Sequences and Foreign Investment in Hungary', *American Journal of Sociology* 111(5): 1368—1411.
- Stewart, E. J., Madden, R., Paul, G. and Taddei, F.** 2004 'Aging and Death in an Organism That Reproduces by Morphologically Symmetric Division', *PLoS Biol* 3(2): doi:10.1371/journal.pbio.0030045.
- Strum, S.** 1995 *Voyage chez les babouins (réédition)*, Paris: Le Seuil. Point Poche.
- Strum, S. and Fedigan, L.** (eds) 2000 *Primate Encounters*, Chicago: University of Chicago Press.
- Tarde, G.** 1999 [1895] *Monadologie et sociologie*, Paris: Les empêcheurs de penser en rond ; [originally published 1895 *Monadologie et sociologie*, Paris, Félix Alcan]
- Tarde, G.** [1890] 1993 *Les lois de l'imitation (présentation de Bruno Karsenti)*, Paris: Editions Kimé.
- Tarde, G.** 1999 [1895] *La logique sociale*, Paris: Les Empêcheurs de penser en rond [originally published 1895 *La logique sociale*, Paris, Félix Alcan].
- Theraulaz, G. and Bonabeau, E.** 1999 'A brief history of stigmergy', *Artificial Life* 5: 97–116.
- Weick, K. E.** 1995 *Sensemaking in Organizations*, London: Sage.
- White, H. C.** 1992 *Identity and Control. A Structural Theory of Social Action*, Princeton: Princeton University Press.
- Wilson, E. O.** 1975 *Sociobiology, the New Synthesis*, Cambridge Mass: Harvard University Press, The Belknap Press.