

L'articulation individu/collectif dans les sciences des systèmes complexes : quels apports pour la sociologie ?

David Chavalarias

Centre de Recherche en Epistémologie Appliqué (CREA) Ecole Polytechnique, Paris
& Institut des Systèmes Complexes de Paris Ile-de-France
<http://chavalarias.com>

La question de l'articulation entre l'individu et le collectif constitue traditionnellement une ligne de démarcation entre les différents courants sociologiques. Nous présentons ici quelques apports potentiels de l'approche *systèmes complexes* dans la conceptualisation de cette articulation. Notre intuition est que certains concepts relevant de cette approche peuvent dresser des ponts entre différentes théories sociologiques en permettant de reformuler de manière compatible des aspects de ce questionnement qui sont communément source de divergences.

L'école de sociologie systémique a déjà largement introduit la notion de complexité en sciences sociales à travers notamment l'oeuvre d'Edgar Morin. Nous avons souhaité ici un exposé présente, de façon volontairement non technique l'approche de la complexité dans sa dimension de modélisation, simulation et reconstruction que constitue la science des systèmes complexes.

Il serait trompeur d'affirmer que la science des systèmes complexes est une dénomination pour une approche unifiée d'un certain nombre de phénomènes. Comme toute science vivante, elle est traversée par de multiples courants dont les définitions identitaires peuvent être très nuancées. La plupart des définitions s'accordent néanmoins sur le fait que la science des systèmes complexes a pour objet d'étude les comportements collectifs résultant de la mise en interaction d'un grand nombre d'entités. La conviction qui lie la majorité des chercheurs de ce domaine se résume par la formule du prix Nobel de physique P. W. Anderson qui intitula l'un de ses articles « More is different » (1972). Par ailleurs, la distinction est souvent faite entre un système compliqué, dont l'analyse peut être simplifiée en le découpant en sous-parties à analyser (réduction cartésienne de la difficulté d'un problème), et un système complexe, dont la compréhension passe nécessairement par une approche globale. Ceci devrait être familier pour la plupart des sociologues étant donné le positionnement du débat holisme vs. individualisme méthodologique centré précisément autour de la question de savoir dans quelle mesure le tout est différent de la somme des parties.

Sans prétendre à l'exhaustivité, cet article a pour but de présenter à travers quelques exemples de modélisation certains concepts clefs de la science de systèmes complexes susceptibles d'éclairer la question de la relation entre l'individu et la société. Comme nous le verrons, les modèles sont ici des outils indispensables pour penser le type de phénomènes que nous allons traiter. Ils permettent de synthétiser pour l'entendement l'effet de l'interaction simultanée d'un grand nombre de causalités, synthèse hors de portée de toute formulation en langage naturel.

Nous nous concentrerons ici sur deux types de phénomènes caractéristiques des systèmes complexes qui se manifestent de manière abondante au sein des systèmes sociaux : les effets de non linéarité et les phénomènes d'émergence.

Non-linéarités : l'exemple de la percolation

Les non-linéarités sont des caractéristiques omniprésentes dans la phénoménologie des systèmes complexes qui se traduisent par le fait qu'un système peut avoir une variation quasi discontinue de son comportement vis-à-vis de variations continues d'un des paramètres entrant dans sa description. La percolation se manifeste par la présence non-linéarités dans les phénomènes de diffusion relativement à la densité du nombre de connexions entre les entités qui forment le substrat. On retrouve ce phénomène dans un grand nombre de systèmes dont les systèmes sociaux. Pour des raisons de clarté d'exposé, nous prendrons ici un exemple simple de modélisation d'un feu de forêt

pour illustrer ce phénomène bien qu'il soit également très représentatif de certaines dynamiques sociales.

Chacun se fait une certaine idée des facteurs influençant la propagation d'un feu de forêt : force du vent, taux d'humidité, densité des sous-bois, etc. Considérons maintenant un modèle simplifié à l'extrême : le feu se propage d'un arbre à l'autre si et seulement s'ils sont côte à côte. Le feu s'arrête s'il rencontre un espace vide de végétation. Représentons maintenant la forêt comme une grille aux noeuds de laquelle sont plantés les arbres et demandons-nous de quelle manière se propage un feu amorcé du un bord de la grille en fonction de la densité d'arbres. Notre intuition nous dit que l'incendie sera d'autant plus virulent que la densité d'arbres sera élevée. Mais c'est à peu près tout ce que peut nous livrer un raisonnement verbal.

Regardons maintenant ce que nous dit une approche formelle et en particulier une simulation du phénomène. Si nous implémentons *in silico* le modèle que nous venons de décrire et que nous faisons l'hypothèse que la densité des arbres dans la forêt est de 57 %¹, nous pouvons observer qu'un incendie artificiel initié sur le bord de la grille se propage vers l'intérieur et qu'il détruit un certain pourcentage de la forêt avant de s'éteindre (dans ce cas, autour de 3 %). Si nous recommençons la simulation avec une même densité d'arbres mais des configurations différentes, nous obtiendrons des variations dans les dégâts provoqués par l'incendie mais l'ordre de grandeur de la surface détruite restera le même. Par ailleurs, conformément à notre intuition, on observera qu'en diminuant la densité d'arbres, le pourcentage de forêt détruite diminue. La surprise intervient lorsque l'on augmente cette densité. Si nous passons de 57% à 60 % d'occupation des sols, nous constatons un changement brusque de l'ampleur des dégâts qui de 3 % passe à une moyenne de 70 % de forêt détruite (cf. figure 1.).

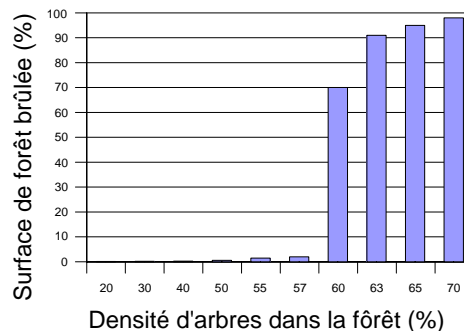
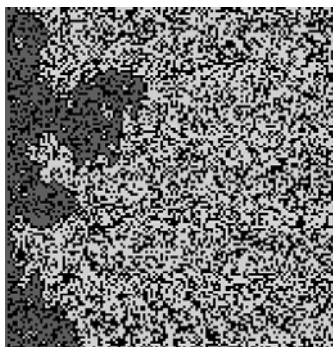


Figure 1 : *A gauche*, exemple de simulation de feu de forêt. Sur une grille, sont disposés des emplacements arborés (en gris clair) et des emplacements vides (en noir). Le feu (gris foncé) se propage de gauche à droite d'un emplacement arboré à un autre. *À droite*, la relation entre la densité initiale de surface arborée dans une forêt et la surface moyenne de forêt brûlée après le passage de l'incendie. Ce modèle peut-être testé en ligne de manière intuitive par le lecteur sur <http://chavalarias.com/percolation>

Nous pouvons imaginer la surprise d'une collectivité locale qui, décidant de réduire de 3 % le budget alloué à l'entretien de ses forêts se retrouve confrontée à la destruction quasi-totale de son patrimoine forestier lors des incendies estivaux. Ce phénomène de changement brusque du rapport entre cause et effets dans un phénomène de diffusion en fonction de ce que nous interprétons ici comme une densité de liens est connu sous le nom de *percolation* et a été étudié extensivement ces dernières décennies en physique statistique. Il a été démontré mathématiquement que dans la limite des systèmes de taille infinie il existe une densité critique au-delà de laquelle le phénomène de diffusion (ici la propagation d'un incendie) change brusquement de nature. On sait par ailleurs que ce phénomène de non-linéarité est très robuste vis-à-vis de modifications dans la descriptions du modèle (changement de la topologie, introduction d'un mode de diffusion probabiliste, etc.) même s'il peut y avoir des changements dans la valeur de la densité critique.

Nous avons là un phénomène de non linéarité susceptible de se manifester à chaque fois que

¹ i.e. 57 % des noeuds de la grille sont occupés par un arbre.

quelque chose est transmis au sein d'une population. Il est de ce fait *générique* car présentant une certaine indépendance vis-à-vis de la description fine des éléments et de la manière dont ils interagissent. Des phénomènes de percolation se manifestent ainsi dans une large classe de modèles utilisés dans des disciplines aussi diverses que la biologie, la géologie, l'informatique ou la physique.

Les sciences sociales ne sont bien sûr pas en reste. Un grand nombre de phénomènes sociaux (diffusion de rumeurs, diffusion d'une innovation, déclenchement de violences ou d'émeutes, etc.) présentent toutes les caractéristiques nécessaires à la manifestation du phénomène de percolation. De fait, il est fréquent que les approches formelles des phénomènes que nous venons de citer en exemple mettent en évidence ce type de non-linéarités. Le concept de percolation peut alors aider à comprendre pourquoi certains systèmes sociaux changent radicalement de comportement bien qu'en apparence peu de choses aient changé. Une petite variation dans l'intensité ou la manière dont les individus interagissent (augmentation de la pénétration d'Internet ou du nombre de téléphones portables, apparition de nouveaux modes de communication tels que les SMS) peut en effet modifier radicalement les dynamiques de contagion sociale. L'ampleur inattendu des violences dans les banlieues françaises à l'automne 2005 en est peut-être une illustration.

Le concept de percolation est opérationnel dans le domaine des sciences sociales parce qu'il permet de penser des propriétés qualitatives ou semi-quantitatives qui ne dépendent pas de notre capacité à modéliser de manière fidèle les entités en interactions. Par ailleurs, on notera que l'analyse des comportements individuels des éléments du système ne permet pas de prévoir ce phénomène tant que ses dimensions interactionniste et topologique n'auront pas été prise en compte.

Dans l'exemple que nous avons considéré, il est certain que le phénomène de propagation d'un feu de forêt est bien plus complexe que le modèle que nous avons présenté. Cependant, le phénomène de percolation dans le cas des feux de forêts est bien réel et l'amélioration de la connaissance des paramètres l'influençant est un élément important dans la gestion des forêts (avec des modèles certes plus élaborés que celui présenté ici).

Comportements individuels et émergence de structures collectives : l'exemple du phénomène de ségrégation en zone urbaine

Un autre axe de réflexion concernant le rapport individu/collectif porte sur le concept d'émergence. Le lecteur en trouvera plusieurs acceptions dans la littérature suivant la position épistémologique des auteurs. Un point commun à la plupart de ces définitions est néanmoins l'idée d'apparition de structures macroscopiques sous l'effet d'interactions locales entre un grand nombre d'entités. Cette apparition peut ensuite être envisagée comme ontologiquement ou épistémiquement imprévisible, requérir ou pas un processus d'interprétation ou nécessiter un passage à la limite sur la taille du système considéré (voir par exemple Bourguin et al. 2007).

Un exemple paradigmatique d'explication de structures sociales comme le résultat d'un phénomène émergent a été proposé par Thomas Schelling (1969, 1971, 1978) à propos du phénomène de ségrégation en zone urbaine. Ce modèle permet d'illustrer la formation de « quartiers » relativement homogènes du point de vue socio-culturel à partir de mécanismes individuels qui ne requièrent pas une notion préalable de « quartier ».

Le principe de ce modèle peut-être présenté de la manière suivante. Considérons une zone urbaine au sein de laquelle cohabitent deux groupes sociaux d'origines ethniques différentes. Chaque habitant a des interactions privilégiées avec ses voisins du fait de la proximité et a par ailleurs une certaine propension à vouloir interagir avec des individus de même origine ethnique (pour pratiquer sa langue maternelle par exemple). Faisons alors l'hypothèse que chaque individu a un certain seuil de tolérance vis-à-vis de la proportion de ses interactions sociales impliquant des individus de même origine ethnique. Si cette proportion est trop faible, l'individu cherchera à déménager dans un endroit où ce type d'interaction est plus abondant.

Considérons maintenant l'instanciation la plus simple de ce modèle : la zone urbaine est représentée par une grille carrée aux noeuds de laquelle sont disposés les habitations, chacune

abritant au plus un individu. Les habitations ne sont pas nécessairement toutes occupées (il y a un certain taux d'occupation des habitats) et le voisinage d'une habitation est défini comme l'ensemble des maisons adjacentes (huit au plus).



Figure 2 : Habitation avec ses huit sites adjacents

La population quant à elle est divisée en deux sous-populations d'origines ethniques différentes. La règle de comportement considérée est alors la suivante : un individu cherchera à déménager dès lors que la proportion de ses voisins de même origine ethnique passera en dessous d'un certain seuil de tolérance T . Les questions que pose alors ce modèle sont de savoir quel genre de dynamique collective l'enchevêtrement de ces comportements individuels engendre et quelle est l'influence du seuil de tolérance des agents sur cette dynamique.

Il est bien difficile par le simple entendement de prévoir le comportement d'un tel système de sorte que le langage mathématique ou la simulation informatique sont ici un passage obligé pour le comprendre. Initialement, Thomas Schelling avait étudié ce système en bougeant des pions sur un damier en fonction de la règle ci-dessus. Aujourd'hui, ce système peut être étudié de manière extensive et rapide grâce à la puissance de la simulation informatique.

Les résultats de cette étude surprennent l'intuition. Malgré la simplicité de la règle en jeu, une zone urbaine artificielle non structurée se structurera rapidement en « quartiers » après quelques implémentations (cf. figure 2). Un observateur extérieur pourra alors conclure à un phénomène de ségrégation entre les deux populations. De plus, ce phénomène de ségrégation est présent alors même que les agents peuvent être considérés comme « tolérants ». La figure 3 montre par exemple l'effet de ségrégation au sein d'une population où les agents se satisfont d'une proportion de 40 % d'interactions sociales avec des individus de même origine ethnique (ils acceptent d'être en minorité). Ce phénomène de ségrégation est bien entendu d'autant plus marqué que le seuil de tolérance des agents est élevé.

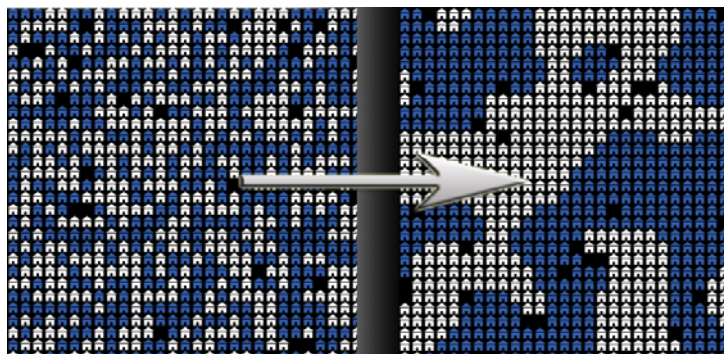


Figure 3 : Phénomène de ségrégation dans une population d'agents « tolérants » (seuil à 40 %). Chaque couleur correspond à une origine ethnique, l'absence de maison indique un emplacement libre. Le lecteur intéressé pourra tester ce modèle en ligne sur <http://chavalarias.com/schelling>.

Le phénomène de ségrégation présenté ici est spécifiquement le résultat d'un processus dynamique complexe qui peut être reconstruit et étudié via la modélisation. Encore une fois, l'objet premier de ce type d'étude n'est pas d'affirmer que les phénomènes de ségrégation peuvent se réduire sans reste au modèle que nous venons de présenter. Il s'agit plutôt de proposer des schémas explicatifs possibles faisant intervenir la complexité de l'enchevêtrement des actions individuelles, schémas qu'il serait difficile de formuler autrement que par la modélisation. Ces schémas explicatifs peuvent ensuite être développés et perfectionnés, comme cela a été le cas pour le modèle de

Schelling afin d'explorer plus en détail les modalités d'une émergence structures à partir d'interactions micros. Le lecteur souhaitant un approfondissement sur la notion d'émergence dans les modèles pourra se référer à Dessalles et Phan, 2006.

Emergence de sens et auto-organisation

Les deux exemples précédents ont été choisis pour leur simplicité d'exposé et leur capacité à illustrer la démarche de modélisation de systèmes complexes dans une perspective sociologique. Ils correspondent, chacun dans leur domaine, au degré zéro de complexité du modèle et ont connu un grand nombre de développements ces dernières années. Dans ces différentes entreprises, l'objectif ultime du modélisateur peut être la reconstruction d'un certain nombre de faits stylisés concernant le phénomène étudié – comme par exemple le fait de reproduire statistiquement à partir de données réelles sur les préférences les caractéristiques du phénomène de ségrégation (voir par exemple Bruch et Mare 2006).

La démarche de modélisation a également une autre visée relativement indépendante du succès d'une reconstruction. De même que le cercle griffonné sur une feuille de papier permet de penser les propriétés du cercle bien qu'il n'en ait quasiment aucune, les modèles mathématiques ou informatiques peuvent tenir lieu de support pour la formulation de concepts ou la réflexion sur des propriétés du social qui seraient intrinsèquement liés à son caractère de système dynamique complexe. Dans cette perspective, l'objectif n'est pas de dresser un portrait réaliste des systèmes sociaux mais plutôt de s'intéresser à des types de systèmes tels que les relations entre les différents niveaux d'organisation qu'ils mettent en scène nous permettent de réfléchir sur les relations entre les différents niveaux d'organisation que nous identifions au sein des systèmes sociaux. De ce point de vue, l'articulation entre individu et collectif est un domaine qui demande encore de nos jours un effort de conceptualisation, que Durkheim avait en son temps déjà associé à une approche du social dans sa complexité :

« En définitive la sociologie individualiste ne fait qu'appliquer à la vie sociale le principe de la vieille métaphysique matérialiste : elle prétend, en effet, expliquer le complexe par le simple, le supérieur par l'inférieur, le tout par la partie, ce qui est contradictoire dans les termes. Certes le principe contraire ne nous semble pas moins insoutenable; on ne saurait davantage, avec la métaphysique idéaliste et théologique, dériver la partie du tout, car le tout n'est rien sans les parties qui le composent et il ne peut tirer du néant ce dont il a besoin pour exister. Il reste donc à expliquer les phénomènes qui se produisent dans le tout par les propriétés caractéristiques du tout, le complexe par le complexe, les faits sociaux par la société, les faits vitaux et mentaux par les combinaisons *sui generis* d'où ils résultent. C'est la seule marche que puisse suivre la science. Ce n'est pas à dire que, entre ces différents stades du réel, il y ait des solutions de continuité. Le tout ne se forme que par le groupement des parties et ce groupement ne se fait pas en un instant, par un brusque miracle; il y a une série infinie d'intermédiaires entre l'état d'isolement pur et l'état d'association caractérisée. Mais, à mesure que l'association se constitue, elle donne naissance à des phénomènes qui ne dérivent pas directement de la nature des éléments associés ; et cette indépendance partielle est d'autant plus marquée que ces éléments sont plus nombreux et plus puissamment synthétisés. » Durkheim E. (1898), *Représentations individuelles et représentations collectives*.

Les recherches de ces dernières années dans le domaine des systèmes complexes ont permis de formaliser des concepts qui apportent des réponses originales au questionnement de Durkheim. On a souvent reproché aux sociologues leur point de vue trop holiste tandis que l'approche des économistes a été souvent été qualifiée de trop individualiste. Les concepts issus de l'étude des systèmes complexes permettent de faire un pont entre ces deux positions, synthétisées dans ce que Jean-Pierre Dupuy (1992) a qualifié d'*individualisme méthodologique complexe*. Tout en soulignant la nécessité de considérer les individus comme immergés dans un environnement social, l'accent est

mis sur la nécessité de prendre en compte les capacités cognitives de ces derniers ainsi que l'aspect dynamique de leurs interactions.

Les systèmes sociaux humains sont souvent distingués des autres systèmes sociaux animaux par leur capacité à s'auto-constituer et à engendrer en permanence des sens nouveaux. Sans cesse, des macro-régularités et des systèmes de représentation émergent qui, vus de l'intérieur, semblent transcender les individus (de l'ajustement des prix sur les marchés à la formation de groupes sociaux). Cependant, comme le remarque d'ailleurs Durkheim, ces macro-régularités sont de toute évidence le produit des interactions humaines. La compréhension de leur émergence et de leur maintien tient autant de l'influence que ces macro-régularités ont sur les agents qui les ont engendrées que de la manière dont elles se sont constituées à travers les interactions humaines. Il y a ainsi un bouclage entre des effets ascendants émergents (bottom-up) de constitution de régularités et des effets descendants (top-down) de rétroaction de ces régularités sur les comportements individuels (immergence). Concernant les systèmes sociaux ce bouclage semble relever de deux phénomènes qui opèrent de manière complémentaire : l'émergence de nouvelles représentations et l'auto-organisation au sens fort.

Le modèle de Schelling souligne une caractéristique des systèmes sociaux, qui dans cet exemple brille par son absence. Les interactions des agents aboutissent à un espace urbain ségrégué mais les agents ne prennent pas conscience de cette ségrégation. De ce fait, cette ségrégation n'a pas à proprement parler de réalité sociale puisqu'elle n'est pas reconnue en tant que telle par les agents. On peut alors se demander de quelle manière de nouvelles catégories cognitives telles que « quartier » ou « ghetto » peuvent apparaître spontanément dans le système et prendre sens pour les agents et comment cela influence-t-il les dynamiques sociales. Des études sont actuellement menées pour proposer formellement des mécanismes susceptibles d'être à l'origine d'émergence de nouvelles catégories en partant de capacités cognitives des agents (Dessalles et Phan, 2006 ; Dessalles Ferber et Phan, 2007; Dessalles, Müller et Phan 2007). Celle-ci nous aideront probablement à mieux comprendre les processus d'émergence de sens nouveaux au sein des systèmes sociaux.

L'apparition de ces nouvelles catégories ne préjuge cependant pas de la manière dont elles seront utilisées par les agents. Dans le modèle de Schelling, ceux-ci peuvent très bien décider qu'il est meilleur pour eux d'aller dans des quartiers homogènes ou qu'au contraire il faut éviter de créer des ghettos. Une nouvelle catégorie cognitive, un nouveau sens peuvent apparaître dans un système et être utilisés de manière différentes par les agents sous forme de règles de conduites² différentes. La question est alors de comprendre comment ces différentes règles de conduite sont transmises, évoluent et s'articulent au sein d'une société. Nous sommes confrontés ici à une relation de dépendance réciproque entre des individus qui évoluent sous l'influence de leur environnement, ce dernier évoluant en fonction des règles de conduites adoptées par les individus. Pris dans sa totalité, l'ensemble des règles de conduites considérées par une population est alors un système qui s'auto-modifie au cours de son propre fonctionnement. Ce processus a été désigné sous le terme de *cognition sociale* (Bourguin 2004, Chavalarias 2006) et fait intervenir dans le domaine des systèmes complexes la notion d'*auto-organisation au sens fort*.

L'auto-organisation au sens fort s'exprime dans les systèmes sociaux par le fait que ceux-ci produisent leurs propres règles d'organisation de manière relativement autonome par rapport aux contraintes extérieures (biologiques, environnementales, etc.). Pour comprendre ce phénomène, nous avons proposé un formalisme qui prend en compte les capacités réflexives des êtres humains dans l'utilisation de leurs règles de décisions : les jeux métamimétiques (Chavalarias 2006, 2007). Sur un mode de conceptualisation similaire au modèle de Schelling, les jeux métamimétiques permettent de se représenter des processus de différenciation sociale à travers des exemples d'émergence de « groupes sociaux artificiels » au cours d'un processus entièrement ascendant résultant des interactions individuelles. Ce type d'approche permet de formaliser la double dépendance qu'il y a entre la constitution d'un tissu social et la constitution de l'identité des agents

²Au sens de Hayek (1967) Notes on the Evolution of Systems of Rules of Conduct, dans *Studies in Philosophy, Politics and Economics*, London and Chicago, pp 66-81

qui le composent. La collection des identités des agents (système de règles, de représentations, d'habitudes, etc) peut alors être vue à la fois comme l'objet définissant le système social artificiel considéré et l'ensemble des règles qui vont définir ses transformations futures. Dans une telle approche, ni l'identité de l'agent, ni le groupe social ne pré-existent à l'activité sociale des agents. Ils sont co-construits. Il est ensuite possible d'explorer formellement les propriétés qualitatives d'une telle forme d'organisation afin d'obtenir en retour des clefs pour la compréhension des dynamiques sociales.

Emergence forte dans les systèmes sociaux

La mise correspondance des deux approches précédentes – émergence de sens et de systèmes de représentation, auto-organisation des systèmes de règles de conduite - nous permettra peut-être d'illustrer formellement ce phénomène de bouclage entre les structures émergeant des interactions et l'intégration par les agents de ces structures dans leurs processus de décision. Ce phénomène que Müller (2004) a proposé d'appeler *émergence forte* traduit le fait qu'à maintes reprises au sein des systèmes sociaux des structures collectives contingentes sont perçues par les acteurs comme ayant une réalité propre extérieure au système ; et celles-ci en obtiennent une de fait, par intégration aux croyances collectives. Le système devient alors « réflexif à travers la médiation des agents » et nous pouvons nous attendre à ce que l'étude formelle de tels systèmes mette en évidence des propriétés au moins aussi surprenantes que celles qui ont été illustrées par nos deux premiers exemples.

L'illusion de la transcendance

Cette capacité du social « à se mettre à distance de lui-même, par une sorte de “bootstrapping” dans lequel les hommes prennent comme repères extérieurs de leurs actions les produits de celles-ci » a été soulignée par Atlan, Dupuy et Moshe Koppel (1987). Ils démontrent dans cet article la conjecture de Von Foerster qui permet conceptualiser le rapport de causalité circulaire entre une totalité et ses éléments. Celle-ci repose sur deux types d'interrogation :

- 1) Dans quelle mesure un observateur extérieur peut-il prédire le comportement du système tout entier à partir du comportement d'un sous-ensemble donné d'agents ?
- 2) Dans quelle mesure un agent donné peut-il influencer ce comportement global ?

La “conjecture de Von Foerster” telle que les auteurs la résument peut alors se formuler ainsi : « plus les éléments d'un système sont “trivialement” connectés, moindre est leur influence sur son comportement global : plus, en d'autres termes, ils sont “aliénés”. » Par “trivialement connecté”, il faut entendre que l'influence de l'état du système (input) sur l'action des éléments (output) prend la forme d'une détermination rigide, univoque. Par “aliénation”, il faut entendre qu'il y a « réification des activités humaines en entités extérieures et étrangères aux hommes [qui] ne se reconnaissent plus dans le produit de leurs actions ». Cette approche permet de comprendre comment, vus de l'intérieur, certains phénomènes sociaux peuvent paraître transcender les actions humaines alors qu'un regard extérieur de théoricien reconnaîtra qu'ils sont bien le produit d'actions individuelles puisque « le tout ne se forme que par le groupement des parties ».

Il est probable que les partisans d'un holisme radical soient victimes de l'illusion engendrée par cet effet de distanciation. Nous pouvons attendre d'une approche des systèmes sociaux par la complexité qu'elle nous propose des outils et des concepts permettant de lever les contradictions d'une telle position sans pour autant verser dans l'individualisme méthodologique radical, suivant ainsi la voie médiane de l'individualisme méthodologique complexe.

Références

- Anderson, P.W., (1972) More Is Different, dans *Science*, Vol. 177 No. 4047
- Bourgine P. (2004) What is Cognitive Economics, dans *Cognitive Economics*, Bourgine P, Nadal J-P (ed.), Springer.
- Bourgine P., Chavalarias D. et Cohen-Boulakia C. (ed.) (à paraître) *Déterminismes et complexité – Autour d'Henri Atlan*, La Découverte.
- Bruch, E. E., and R. D. Mare. (2006) Neighborhood Choice and Neighborhood Change, *American Journal of Sociology*, Volume 112 Number 3 (November 2006): 667–709. 667.
- Chavalarias D. (2007) La part mimétique des dynamiques de cognition sociale : clé pour penser l'auto-transformation du social, *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales*, Volume 2, numéro 2
- Chavalarias D. (2006) Metamimetic games: Modeling Metadynamics in Social Cognition, *Journal of Artificial Societies and Social Simulations (JASSS)* Vol. 9 Issue 2. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/9/2/5.html>
- Dessalles J.-L. et Phan D. (2006) Emergence in Multi-Agent Systems: Cognitive Hierarchy, Detection, and Complexity Reduction part I: Methodological Issues, dans *Agent-Based Methods in Finance, Game Theory and Their Applications*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 564 Springer.
- Dessalles J.L., Müller J.P., Phan D. (2007) Emergence in multi-agent systems: conceptual and methodological issues, dans Amblard, Phan. eds *Agent Based Models and Simulation for Human and Social Sciences*, Oxford, The Bardwell Press.
- Dessalles J.L., Ferber J., Phan D. (à paraître) Emergence in Agent based Computational Social Science: conceptual, formal and diagrammatic analysis, dans Shan Y., Yang A. eds. *Intelligent Complex Adaptive Systems*, Idea Group Inc.
- Dupuy J.-P., *Introduction aux sciences sociales*, Paris, Ellipses, 1992.
- Koppel M., Atlan H. et Dupuy J-P. (1987) « Von Foster's Conjecture. Trivial Machine and Alienation in Systems », *International Journal of General Systems*, Vol. 13, p 257-264.
- Müller J.-P. (2004) Emergence of Collective Behaviour and Problem Solving, dans *Engineering Societies in the Agents World IV*, Fourth International Workshop ESAW-2003, Revised Selected and Invited Papers, pages 1-20, LNAI 3071 Springer Verlag 2004.
- Schelling T.S. (1969) Models of Segregation, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 59-2:488-493.
- Schelling T. S. (1971) Dynamic Models of Segregation, *Journal of Mathematical Sociology*; 1, p.143-186.
- Schelling T.S. (1978) *Micromotives and Macrobehavior*, W W Norton & Co Ltd.
- Wilensky, U. (1998). NetLogo Segregation model. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.