

Article

« Espace-temps d'un réseau sociocognitif complexe : 1. propension à communiquer et présent spécieux »

Bernard Ancori

Nouvelles perspectives en sciences sociales, vol. 3, n° 2, 2008, p. 113-181.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/602478ar>

DOI: 10.7202/602478ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

Espace-temps d'un réseau sociocognitif complexe.

I : Propension à communiquer et présent spacieux

BERNARD ANCORI

Université Louis Pasteur, Strasbourg 1
Directeur de l'Institut de Recherche Interdisciplinaires
sur les Sciences et la Technologie (IRIST EA 3424)

Introduction générale : l'espace-temps d'un réseau sociocognitif complexe ; jalons pour une épistémologie naturalisée et évolutionnaire

L'analyse des phénomènes scientifiques a longtemps constitué l'un des domaines réservés de la philosophie. Qu'il s'agisse de l'école française ou de l'approche anglo-saxonne, cette philosophie des sciences s'est principalement intéressée aux conditions légitimes de production d'énoncés scientifiques matérialisant des connaissances définies comme des croyances vraies justifiées de manière fiable. Pour n'en donner que deux exemples particulièrement saillants, c'est dans cette optique normative, et en privilégiant la science « faite », que Gaston Bachelard s'est penché sur la formation de l'esprit scientifique ou que Karl Popper s'est efforcé de définir un critère de démarcation entre énoncés scientifiques et non scientifiques. Plus récemment, est apparu le courant des *Social Studies on Science*, qui s'est attaché à resituer les sciences et les technologies dans leurs contextes sociohistoriques de production, ainsi qu'à évaluer les implications sociétales de leurs développements. Dans

l'optique positive d'une analyse de la production de représentations scientifiques et techniques « en train de se faire », l'anthropologie et la sociologie ont fait émerger le domaine Sciences-Technologies-Sociétés, puis multiplié leurs approches de ce dernier¹.

Afin de distinguer ces deux perspectives, il a paru momentanément commode de les qualifier respectivement d'internaliste et d'externaliste. D'emblée caricaturale, une telle dichotomie est aujourd'hui largement désuète, et de nombreuses voix s'élèvent pour demander de la dépasser. Ainsi l'appel lancé par Anouk Barberousse, Max Kistler et Pascal Ludwig tient pour acquis que les traditions normatives (la philosophie des sciences) et descriptives (les études sociales des sciences) « peuvent, et même doivent, converger² ». De fait, s'il est évident que l'activité scientifique se trouve insérée dans un contexte social et historique, il l'est non moins qu'il s'agit là d'une activité cognitive des êtres humains : « Faire de la science, cela suppose au moins observer des phénomènes, essayer de les expliquer, agir en construisant des dispositifs expérimentaux pour tester ces explications, communiquer les conclusions à d'autres membres d'une communauté³ ». La convergence entre traditions normatives et descriptives passe donc par l'analyse unifiée de gestes cognitifs (observer, expliquer, construire) et sociaux (communiquer). La réalisation de ces gestes implique celle de processus d'apprentissages par le sujet individuel ou collectif, processus débouchant notamment sur des gains d'information qui peuvent être communiqués. Le socle conceptuel de la convergence recherchée consiste donc en l'intégration critique d'une nébuleuse de notions qui s'ordonne autour de celles d'information, de communication et d'apprentissage.

C'est à une telle convergence que vise ce texte, mais en la situant dans un champ plus large que celui de la seule activité scientifique. Car, de Carnap à Popper, la philosophie des sciences a échoué à fournir un fondement certain (empirique ou méthodologique) aux énoncés

¹ Dominique Vinck, *Sociologie des sciences*, Paris, Armand Colin, 1995 ; Dominique Vinck, *Sciences et société. Sociologie du travail scientifique*, Paris, Armand Colin, 2007 ; Dominique Pestre, *Introduction aux Social Studies*, Paris, La Découverte, 2006.

² Anouk Barberousse, Max Kistler et Pascal Ludwig, *La philosophie des sciences au XX^{ème} siècle*, Paris, Flammarion, 2000, p. 175.

³ *Ibid.*, p. 175-176.

scientifiques. Si la distinction entre connaissances (comme croyances vraies justifiées de manière fiable) et représentations (comme croyances pouvant se révéler fausses) garde une pertinence analytique, elle relève en pratique d'une vérité-consensus autant que d'une vérité-correspondance (entre énoncés et leurs référents extralinguistiques). De ce point de vue, la science ne se distingue pas de manière absolument nette d'autres types de savoirs au sein d'un ensemble plus vaste de représentations ayant cours parmi les membres d'une société donnée.

C'est pourquoi nous traiterons ici d'épistémologie au sens anglo-saxon de ce terme (c'est-à-dire de théorie de la connaissance en général) plutôt qu'au sens plus étroit de la tradition française (de philosophie des sciences)⁴. Nous considérerons donc une population globale d'acteurs individuels (scientifiques ou non) dont nous analyserons les représentations sous l'angle de leur formation et de leur évolution. Ce faisant, nous espérons poser quelques jalons d'une épistémologie naturalisée, au sens de Willard-V. Quine⁵, c'est-à-dire d'une épistémologie qui se situe en continuité avec certains résultats de sciences actuellement en vigueur – notamment les sciences cognitives et une sociologie des réseaux renouvelée⁶.

Cette construction d'une épistémologie naturalisée, nous voudrions également lui imprimer un caractère évolutionnaire, non pas au sens littéral, mais au sens analogique de ce terme : en nous gardant de poser les facultés cognitives humaines comme le produit d'un processus biologique de variation et de sélection naturelle, nous nous contenterons d'adopter ici un mode d'explication analogue à celui des théories

⁴ Sur l'évolution des différents sens du terme « épistémologie », en allemand, en anglais et en français, voir Catherine Chevalley, Entrée « Épistémologie », dans Barbara Cassin (dir.), *Vocabulaire européen des philosophies. Dictionnaire des intraduisibles*, Paris, Seuil/Le Robert, 2004, p. 358-366. Sur son acception française, voir Dominique Lecourt (dir.), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, Paris, PUF, 1999.

⁵ Willard-V. Quine, « Epistemology naturalized », 1969, repris sous le titre « L'épistémologie devenue naturelle », dans Willard-V. Quine, Jean Largeault et Sandra Laugier (dir.), *Relativité de l'ontologie et autres essais*, Paris, Aubier, 1977, p. 83-105, et sous le titre « L'épistémologie naturalisée », dans Sandra Laugier et Pierre Wagner (dir.), *Philosophie des sciences*, Volume II, Naturalismes et réalismes, Paris, Vrin, 2004, p. 36-60.

⁶ Bruno Latour, *Changer de société. Refaire de la sociologie*, Paris, La Découverte, 2006.

biologiques évolutionnistes⁷. Car le cadre dans lequel nous proposons d'intégrer les concepts d'information, de communication et d'apprentissage est celui qu'offre aujourd'hui le paradigme de la complexité⁸. Ce cadre se révèle particulièrement adéquat pour notre sujet, et il exhibe parfois certaines analogies avec la théorie de l'évolution. Considérons, en effet, la description des systèmes adaptatifs complexes par Murray Gell-Mann⁹. Selon cet auteur, de tels systèmes obtiennent de l'information à propos de leur environnement et de leurs interactions avec celui-ci, identifient des régularités au sein de cette information et condensent ces régularités en formulant des modèles afin d'agir dans le monde réel sur la base de ces derniers. Dans chaque cas, il existe plusieurs modèles en compétition, et l'action dans le monde réel exerce une influence rétroactive sur cette compétition. Plus précisément, chacun de ces modèles s'enrichit alors d'informations supplémentaires, parmi lesquelles figurent celles qui avaient été négligées lors de l'extraction de régularités à partir du flux de données initialement observables. Et ceci afin d'obtenir un résultat applicable au « monde réel », c'est-à-dire la description d'un système observé, la prédiction d'événements ou l'indication d'un comportement pour le système adaptatif complexe lui-même.

⁷ Voir Léna Soler, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipses, 2000, p. 40-42.

⁸ Largement ignoré de la philosophie des sciences traditionnelle (Edgar Morin, *Introduction à la pensée complexe*, Paris, ESF, 1990), le concept de complexité est d'apparition relativement récente – la première occurrence du mot dans le titre d'un texte scientifique ne remonte qu'à Warren Weaver (« Science and complexity », *American Scientist*, vol. 36, 1948, p. 536-544). Mais depuis lors, les multiples visages de la complexité (Georges Jiri Klir, « Les multiples visages de la complexité », dans Edgar Morin (dir.), *Science et pratique de la complexité*, Actes du Colloque de Montpellier, mai 1984, Paris, La Documentation Française, 1986, p. 101-120) ont colonisé la plupart des disciplines (Françoise Fogelman Soulié (dir.), *Les théories de la complexité. Autour de l'oeuvre d'Henri Atlan*, Paris, Seuil, 1991; Fritjof Capra, *La Toile de la vie. Une nouvelle interprétation scientifique des systèmes vivants*, Monaco, Éditions du Rocher, 2003; Fritjof Capra, *Les connexions invisibles. Une approche systémique du développement durable*, Monaco, Éditions du Rocher, 2004), et ceci à un tel point que l'on peut légitimement se demander si la complexité ne constituera pas le cadre épistémologique privilégié par le XXI^e siècle (selon le titre d'un numéro spécial de *La Recherche*, en décembre 2003).

⁹ Murray Gell-Mann, *Le quark et le jaguar. Voyage au coeur du simple et du complexe*, Paris, Albin Michel, 1995, p. 33 sq.

Cette description très générale s'applique en particulier à ce que Gell-Mann appelle « l'entreprise scientifique ». Les modèles sont ici des théories, et ce qui arrive dans le « monde réel » est la confrontation entre théories et observations. De nouvelles théories peuvent venir concurrencer celles qui existent déjà, engageant ainsi une compétition basée sur la cohérence et le degré de généralité de chacune, et dont le résultat dépendra finalement de leurs capacités respectives d'expliquer les observations existantes et de prédire correctement de nouvelles observations. Chaque théorie de cette sorte constitue une description hautement condensée d'une classe très nombreuse de situations, et doit donc être complétée par la description détaillée de chaque situation particulière pour pouvoir donner lieu à des prédictions spécifiques¹⁰. Une telle interprétation rejoint la conception évolutionnaire proposée par Karl Popper¹¹ qui décompose l'activité scientifique en quatre niveaux successifs : 1) l'ancien problème, 2) la formation de théories à l'essai, 3) les essais d'élimination par discussion critique, y compris par test expérimental, 4) les nouveaux problèmes qui émergent de la discussion critique précédente¹². L'« ancien problème » évoqué par Popper s'apparente à une modification de l'environnement incitant une espèce vivante à s'adapter ; cette adaptation se fait par un processus d'essais et erreurs sous-tendu par le va-et-vient dialectique entre théories et observations que mentionnent identiquement Gell-Mann et Popper, et cette dialectique débouche sur la sélection de la théorie provisoirement la plus satisfaisante parmi celles en compétition (la plus explicative et prédictive selon Gell-Mann, la plus audacieuse selon Popper). Dans la conception poppérienne, ce vainqueur provisoire suscite lui-même de « nouveaux problèmes » qui seront les « anciens problèmes » d'un nouveau cycle en quatre niveaux.

Cette vision partagée n'est cependant pas exclusive de différences entre ces deux auteurs. Le schéma de Gell-Mann semble se cantonner au niveau strictement individuel des processus cognitifs du scientifique

¹⁰ *Ibid.*, p. 94.

¹¹ Karl Popper, *Toute vie est résolution de problèmes. Questions autour de la connaissance de la nature*, Arles, Actes Sud, 1997, p. 13-47.

¹² *Ibid.*, p. 32.

lambda, alors que l'évocation d'une « discussion critique » lors des « essais d'élimination » poppériens implique l'existence d'interactions entre scientifiques attachés à résoudre un problème donné. Bien qu'il ait fait de l'émergence de la discussion critique dans la Grèce présocratique de la génération Thalès la condition de possibilité même de la science moderne¹³, Popper n'a guère approfondi ensuite la réalité concrète de cette dimension de l'activité scientifique. Il revint alors à Thomas S. Kuhn¹⁴ de faire plus explicitement le lien entre dimension cognitive et dimension sociale de l'activité scientifique, notamment à travers son fameux concept de paradigme – et Michel Callon et Bruno Latour purent ainsi s'écrier : « Enfin Thomas Kuhn vint¹⁵ ». En somme, d'un côté la conception de Gell-Mann semble réductrice par rapport à celle de Popper, au sens où cette dernière a le mérite d'évoquer, fût-ce allusivement, une dimension sociale de l'activité scientifique totalement absente de la précédente. Mais d'un autre côté, Gell-Mann explicite bien plus précisément que ne l'a jamais fait Popper les opérations cognitives inhérentes à cette activité : là où Popper se contente de situer un processus global d'essais et erreurs au coeur de son schéma à quatre niveaux, Gell-Mann convoque les notions d'obtention d'information, d'identification de régularités parmi ces informations, de condensation de ces régularités en modèles ou théories, avant de rejoindre Popper sur le thème de la compétition entre ces modèles ou théories lors de leur confrontation au « monde réel », et de l'enrichissement en informations supplémentaires résultant de cette confrontation.

Parmi les opérations cognitives mises en avant par Gell-Mann, nous retrouvons à un élément près (sa notion de condensation des régularités identifiées dans l'environnement) celles que discernent Barberousse *et al.* décrivant l'activité scientifique et englobant par ailleurs dans la notion de communication la « discussion critique » évoquée par Popper et omise par Gell-Mann. Une approche sociocognitive de l'évolution scientifique peut donc s'appuyer sur la vision de la cognition proposée

¹³ Karl Popper, *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique*, Paris, Payot, 1985, p. 206-250.

¹⁴ Thomas S. Kuhn, *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1972.

¹⁵ Michel Callon et Bruno Latour, *La science telle qu'elle se fait. Anthologie de la sociologie des sciences de langue anglaise*, Paris, La Découverte, 1991, p. 17.

par Gell-Mann, tout en développant l'amorce de dimension sociétale suggérée par Popper et mieux exploitée par Kuhn. Et puisque « l'entreprise scientifique » à la Gell-Mann n'est qu'un cas particulier d'activité d'un système adaptatif complexe, nous pouvons situer une telle approche au niveau d'une théorie de la connaissance en général.

Information, communication et apprentissage dans le cadre du paradigme de la complexité : tels sont donc les ingrédients majeurs de cette contribution à l'analyse de la structure et de l'évolution d'une population globale d'acteurs considérés sous l'angle de certaines de leurs activités cognitives et interactions sociales¹⁶. Cette analyse prend la forme d'une modélisation déjà esquissée à propos du rôle théorique¹⁷ et historique¹⁸ de l'analogie et de la métaphore en matière de formation et d'évolution des représentations individuelles, ainsi que dans l'étude de la formation de consensus¹⁹ comme de la relation dialectique entre controverses et consensus²⁰. Esquissé jadis²¹ et sans cesse perfectionné

¹⁶ Notre propos ne vise évidemment pas à atteindre une impossible exhaustivité. Il s'agit plus modestement pour nous de capturer, au sein d'une modélisation unifiée, certains aspects cognitifs et sociaux de l'évolution scientifique et technique : nous voudrions tisser une sorte de fil rouge qui traverserait ces aspects, et non un filet global jeté sur tous les aspects cognitifs et sociaux de l'évolution scientifique et technique.

¹⁷ Bernard Ancori, « Analogie, évolution scientifique et réseaux complexes », *Nouvelles perspectives en sciences sociales. Revue internationale d'analyse complexe et d'études relationnelles*, vol. 1, n° 1, 2005, p. 9-62.

¹⁸ Bernard Ancori, « Analogie, métaphore et mutation féodale (XI^e-XIII^e siècle) », Colloque *Pour ou contre la métaphore ? Pouvoir, histoire, savoir et poétique*, Collège militaire royal du Canada, Kingston (Ontario), 24-25 mai, 2007 (à paraître dans François-Emmanuel Boucher, Janusz Przychodzen et Sylvain David (dir.), *Pour ou contre la métaphore ?*, Kingston (Ontario), octobre 2008).

¹⁹ Bernard Ancori, « Évolution, complexité et consensus monétaire : un modèle théorique et quelques illustrations historiques », *Économie Appliquée*, Tome L, n° 3, 1997, p. 199-236; Bernard Ancori, « Réseau complexe et genèse des conventions », *CDRom des Actes du 6^e Congrès européen de science des systèmes*, Paris, 19-22 septembre, 2005.

²⁰ Bernard Ancori, « Sur le caractère dialectique du couple conceptuel controversé/consensus : un modèle théorique et quelques exemples issus de l'histoire des sciences et des *Science Studies* », Journée d'étude « Matières à controverses », Université Marc Bloch (Strasbourg II), 10 novembre, 2006 (à paraître sous le titre « Les dialectiques du couple conceptuel controversé/consensus. Un modèle théorique et quelques exemples (histoire des sciences, *Science Studies* », dans Patrick Schmolli (éd.),

depuis, un langage analytique unifié s'est ainsi progressivement construit pour analyser simultanément ces aspects cognitifs et sociaux de la formation et de l'évolution des représentations. L'objectif du présent texte est d'en formaliser le plus rigoureusement possible les différents éléments, et d'étendre cette formalisation à une analyse des « révolutions » scientifique à la Kuhn²².

Introduit en 1962 par Kuhn dès la première édition de son ouvrage le plus connu, et dont l'édition suivante rencontra un énorme succès, le concept de paradigme recouvre initialement trois dimensions liées : descriptive (ontologies et significations respectives des êtres et des relations composant un paradigme), prescriptive (normes de scientificité auxquelles répondent ces contenus) et sociologique (groupe de chercheurs adhérents au paradigme). S'il ne songe certainement pas à transformer la philosophie des sciences en une sociologie de la connaissance, car sa perspective est clairement celle d'une histoire internaliste des sciences, Kuhn lie ainsi explicitement les dimensions sociologique et philosophique de l'activité scientifique. C'est là une première raison de privilégier son analyse dans notre texte. Une seconde raison tient à une explication possible du succès ambigu rencontré par la seconde édition de *The Structure of Scientific Revolutions*. Car malgré son titre, cet ouvrage traite principalement des sciences physiques et chimiques et non de l'ensemble des domaines reconnus comme scientifiques, et encore moins de la science en général. Comment expliquer alors qu'il fut reçu plus favorablement par les sciences sociales que par les sciences de la nature – malgré la formation de physicien de Kuhn – à l'exact opposé de l'accueil réservé à l'œuvre d'un Popper, – philosophe de formation – devenu une référence parmi les scientifiques « durs » bien davantage que chez les philosophes professionnels ? Le schéma par lequel Kuhn rythme la vie scientifique serait-il applicable à d'autres domaines que les seules sciences physiques et chimiques, notamment aux sciences humaines et sociales ? Davantage encore : ce

Matières à controverses, Presses de l'Université Marc Bloch (Strasbourg II), juin 2008).

²¹ Bernard Ancori, « Apprentissage auto-organisationnel et problématique du choix individuel », dans Bernard Ancori (dir.), *Apprendre, se souvenir, décider. Une nouvelle rationalité de l'organisation*, Paris, CNRS Éditions, 1992, p. 137-173.

²² Thomas S. Kuhn, *op. cit.*, 1972.

succès s'expliquerait-il, au moins en partie, par le caractère universel des phases par lesquelles Kuhn rythme la vie scientifique ?

Car ces phases renvoient à différents types d'apprentissages accessibles à tout sujet cognitif, au delà du seul scientifique. Phase pré-paradigmatique, formation et consolidation d'un paradigme, apparition d'anomalies de nature à remettre celui-ci en cause, crise épistémologique suivie d'une révolution instaurant un nouveau paradigme : une telle séquence exprime en réalité au niveau de la communauté savante une vision dynamique de la catégorisation hiérarchisée de l'apprentissage individuel proposée par Gregory Bateson²³. Cette catégorisation comporte en effet au moins quatre types d'apprentissage : mise en acte de routines cognitives (apprentissage 0 ou apprentissage 2 parfaitement ancré), acquisition et accumulation d'information dans un contexte cognitif donné (apprentissage 1), renforcement progressif de ce contexte et approfondissement de son ancrage (apprentissage 2) ou abandon abrupt au profit d'un autre contexte cognitif (apprentissage 3). L'apprentissage 0 rejoint l'aboutissement ultime de l'apprentissage 2 au sens où la réitération continue d'un apprentissage 1 conduit à un ancrage toujours plus profond de l'apprentissage 2, selon un processus dont le terme est atteint lorsqu'il disparaît totalement du niveau conscient de l'organisme concerné. « Plus nous savons quelque chose, moins nous sommes conscients de ce savoir » : au delà d'un certain seuil critique, la réponse de l'organisme à un stimulus donné devient stéréotypée comme dans l'apprentissage 0²⁴. Le succès de l'ouvrage majeur de Kuhn pourrait tenir à l'universalité de tels processus d'apprentissage, et la liste des outils analytiques fournis par la philosophie des sciences pourrait dès lors s'enrichir de ceux qu'offre une théorie plus générale de la connaissance. Ainsi les apprentissages issus de la cognition individuelle ou associés à la réception des énoncés

²³ Gregory Bateson, *Vers une écologie de l'esprit, Tome I*, Paris, Seuil, 1977.

²⁴ Nous retrouvons ainsi ce que Ludwik Fleck (*Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre von Denkstil und Denkcollectiv*, Basel, Benno Schwabe & Co., 1935 [trad. française : *Genèse et développement d'un fait scientifique*, Les Belles Lettres, 2005]) appelait, dans le registre scientifique et à un niveau collectif, « l'harmonie des illusions » d'un collectif de pensée rendu incapable de remettre en cause ses conceptions dès lors que ces dernières l'imprègnent à la manière d'une évidence.

véhiculés par la communication se distribuent-ils généralement sur les trois premiers niveaux de la hiérarchie batesonienne. Quant à l'apprentissage de niveau 3, dont l'occurrence est plus rare, il se décline en diverses variations : changement de paradigme corrélatif d'une révolution scientifique à la Kuhn, changement de style de pensée au sens de Ludwik Fleck²⁵, changement de mentalités au sens naguère privilégié par les historiens de l'École des Annales, ou, de manière très générale, changement de cadres de l'expérience, au sens d'Erving Goffman²⁶. Liant les aspects cognitifs et sociaux de l'activité scientifique, dont elle découpe la trajectoire selon une scansion généralisable à tout sujet connaissant, l'interprétation kuhnienne de l'histoire des sciences nous fournit donc une excellente illustration du profil temporel de l'apprentissage en général.

Notre texte sera divisé en deux parties, publiées dans deux numéros contiguës de la revue. La première analyse les frontières et la structure interne de l'espace d'un réseau sociocognitif complexe et propose un concept de propension à communiquer permettant de formaliser la notion de présent spécieux. Il apparaît alors que l'espace ainsi représenté n'est qu'un épisode du temps de notre réseau, de sorte que ses dimensions spatiales et temporelles sont absolument indissociables. Dans une seconde partie, nous analysons les différents aspects de la dimension temporelle de notre réseau et appliquons cette construction analytique au cas des « révolutions » scientifiques à la Kuhn.

Au cours de la dernière décennie, la croissance de la littérature scientifique portant sur les « économies fondées sur la connaissance » fut impressionnante. À l'instar d'autres spécialistes des sciences sociales, nombre d'économistes considèrent aujourd'hui que la croissance économique moderne est (ou doit être) essentiellement fondée sur l'exploitation de la connaissance scientifique²⁷. L'analyse des rendements économiques de la recherche, initiée par Richard Nelson et Kenneth J.

²⁵ Ludwik Fleck, *op. cit.*, 1935.

²⁶ Erving Goffman, *Frame Analysis. An Essay of the Organization of Experience*, 1974.

²⁷ Partha Dasgupta et Paul A. David, « Toward a new economics of science », *Research Policy*, vol. 23, n° 5, 1994, p. 487-521.

Arrow²⁸ et poursuivie ensuite par de nombreux auteurs, a largement contribué à donner corps à ce truisme, en liant recherche scientifique et innovation économique ou, plus généralement, en identifiant les externalités positives de cette recherche. C'est sur fond de cette réalité empiriquement attestée, et parallèlement à elle, qu'a émergé un nouveau domaine d'investigation au sein des sciences économiques : l'« économie de la connaissance²⁹ ».

L'un des premiers apports de ce nouveau domaine a consisté en une réactivation de la distinction entre connaissance tacite et connaissance explicite, introduite naguère par Michael Polanyi³⁰ et devenue aujourd'hui l'objet de nombreux débats³¹. Au delà de l'échange d'informations et de connaissances explicitement codifiées par les TIC, l'échange de connaissances tacites requiert souvent des interactions en face-à-face et des valeurs partagées entre ses protagonistes. L'attention des auteurs a donc été attirée sur le concept de proximité entre acteurs de l'échange. Ce concept est par essence polysémique, et Ron Boschma³² propose ainsi d'en distinguer cinq dimensions, plus ou moins liées entre elles : géographique, bien sûr, mais aussi sociale, organisationnelle, institutionnelle et cognitive. C'est principalement sur le concept de proximité cognitive qu'est centrée cette contribution, et sur certains liens que le fonctionnement de ce concept permet d'établir avec ceux de proximités sociales et institutionnelles.

²⁸ Richard Nelson, « The Simple Economics of Basic Scientific Research », *Journal of Political Economy*, vol. 67, 1959, p. 297-306; Kenneth J. Arrow, « Economic Welfare and the Allocation of Resources for Innovation », dans Universities National Bureau Committee for Economic Research, *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton (New Jersey), Princeton University Press, 1962, p. 609-625.

²⁹ Dominique Foray, *L'économie de la connaissance*, Paris, La Découverte, 2000; Ash Amin et Patrick Cohendet, *Architectures of Knowledge*, New York, Oxford University Press, 2004.

³⁰ Michael Polanyi, *Personal Knowledge*, Oxford, Routledge, 1962; Michael Polanyi, *The Tacit Dimension*, Oxford, Routledge & Kegan, 1966.

³¹ Bernard Ancori, Antoine Bureth et Patrick Cohendet, « The Economics of Knowledge: The Debate about Codification and Tacit Knowledge », *Industrial and Corporate Change*, vol. 9, n° 2, New York, Oxford University Press, 2000, p. 255-287.

³² Ron Boschma, « Proximité et innovation », *Économie rurale*, n° 2, 2004, p. 8-24; Ron Boschma, « Proximity and innovation: A critical assessment », *Regional Studies*, vol. 39, n° 1, 2005, p. 61-74.

Le cadre épistémologique dans lequel nous nous situerons n'est pas celui d'une économie cognitive telle que la présentent, par exemple, Bernard Walliser et Paul Bourguine, Bernard Walliser, ou Paul Bourguine et Jean-Pierre Nadal³³. Nous considérerons ici une société d'acteurs (plutôt que d'agents) individuels saisis sous l'angle de leurs activités cognitives et de leurs interactions avec leur environnement naturel ou social. Notre perspective est donc sociocognitiviste, et si elle rejoint celle d'une économie de la connaissance, c'est en renouant avec un sens du terme « économie » apparu dès le XVII^e siècle, mais enfoui ensuite sous l'individualisme méthodologique inhérent à un paradigme néoclassique aujourd'hui dominant : celui d'organisation des divers éléments d'un ensemble, de manière dont sont distribuées les parties de ce dernier. Cet ensemble est ici un réseau dont les éléments sont les acteurs et les interactions évoqués précédemment.

Nous analyserons l'organisation de ces acteurs et interactions, ainsi que les configurations mobiles qu'elle adoptera, en situant la structure et l'évolution du réseau dans l'espace des possibles, et non dans celui des réalisations : dans le sillage du concept marxien de « conscience possible » (*Zugerechte Bewubtsein*) dont Lucien Goldmann³⁴ a montré jadis toute la fécondité, ce qui nous intéresse ici n'est pas tant ce que les acteurs pensent ou communiquent que ce qu'ils peuvent penser et communiquer dans chaque état du réseau. En d'autres termes, notre objet consiste en une mécanique de la structure et de l'évolution de l'ensemble des opérations cognitives et interactions possibles des acteurs, les frontières mouvantes à l'intérieur desquelles peuvent se déployer leurs stratégies délibérées et volontaires, plutôt que ces stratégies elles-mêmes. Dans le cadre ainsi tracé, la notion de proximité s'identifie à celle de ressemblance cognitive entre acteurs individuels, et c'est une telle ressemblance que nous visons à analyser. La ressemblance entre deux ou plusieurs objets a été mathématisée de diverses manières,

³³ Bernard Walliser et Paul Bourguine (dir.), *Economics and Cognitive Science*, Oxford, Pergamon Press, 1992 ; Bernard Walliser, *L'économie cognitive*, Paris, Odile Jacob, 2000 ; ou Paul Bourguine et Jean-Pierre Nadal, *Cognitive Economics. An Interdisciplinary Approach*, Berlin, Springer-Verlag, 2004.

³⁴ Lucien Goldmann, « L'importance du concept de conscience possible pour la communication », *Le concept d'information dans la science contemporaine*, Cahiers de Royaumont, Philosophie n° V, Paris, Minuit, 1965, p. 47-77.

dont la plus récente est liée à la notion de distance informationnelle définie dans le cadre de la complexité algorithmique : deux objets sont d'autant plus semblables que l'on passe facilement de la description de l'un à la description de l'autre, et réciproquement. Cette notion de proximité/ressemblance est donc relative à un point de vue, qui est celui de l'observateur. À condition que ces objets soient des ensembles finis de points pris dans un ensemble discret, la difficulté du passage de la description d'un objet à un autre par cet observateur est mesurée par la longueur du plus court programme qui transforme la donnée des points du premier en la donnée des points du second. La distance informationnelle entre ces deux objets est alors la somme des longueurs du plus court programme permettant de transformer le premier objet en le second et du plus court programme permettant de transformer le second objet en le premier³⁵. Nous proposons ici une spécification de cette notion, afin de structurer l'espace de notre réseau sociocognitif complexe.

Plaçons-nous dans le cadre du paradigme de la complexité naturelle, au sens d'Henri Atlan³⁶. En effet, considérer une société d'acteurs individuels saisis sous l'angle de leurs activités cognitives et de leurs interactions avec leur environnement naturel ou social est immédiatement convoquer les trois concepts liés d'information, de communication et d'apprentissage. Or, le concept d'auto-organisation proposé par Atlan dans le cadre de la complexité naturelle amorce implicitement une synthèse entre les deux grandes familles de modèles ordonnés autour de ces trois concepts et respectivement qualifiées de « communication télégraphique » et de « communication orchestrale »

³⁵ Jean-Paul Delahaye, « La ressemblance mathématisée », dans Jean-Paul Delahaye (dir.), *L'intelligence et le calcul, de Gödel aux ordinateurs quantiques*, Paris, Pour la Science, 2002, p. 21-27.

³⁶ Henri Atlan, *L'Organisation biologique et la Théorie de l'information*, Paris, Hermann, 1972; Henri Atlan, *Entre le cristal et la fumée. Essai sur l'organisation du vivant*, Paris, Seuil, 1979; Henri Atlan, « L'intuition du complexe et ses théorisations », dans Françoise Fogelman Soulié (dir.), *Les théories de la complexité. Autour de l'oeuvre d'Henri Atlan*, Paris, Seuil, 1991, p. 9-42.

par Yves Winkin³⁷ : la théorie mathématique de la communication développée à partir du modèle fondateur de Claude Shannon³⁸ et l'analyse de la communication sociale issue des travaux pionniers de Bateson³⁹. Nous résumerons d'abord les principales différences entre ces deux familles de modèles et expliciterons l'amorce de synthèse contenue dans le concept atlanien d'auto-organisation en reliant ce concept à l'analyse du fonctionnement de la mémoire et de la cognition humaines proposée par Israël Rosenfield⁴⁰ (I. 1). En effet, considérer mémoire et cognition humaines comme un cas particulier d'un système auto-organisateur à la Atlan rejoint nombre de développements actuels en psychologie cognitive, que nous utiliserons pour énoncer certaines hypothèses concernant la structure de notre réseau sociocognitif complexe (I. 2). Nous emprunterons ensuite quelques outils et résultats empiriques à l'analyse des réseaux sociaux pour formuler d'autres hypothèses relatives à l'évolution de ce même réseau et introduirons à cette occasion un concept de propension à communiquer consistant en une spécification de la notion de distance informationnelle (I. 3). Puis nous présenterons un modèle de fonctionnement global de la communication sociale au sein du réseau (I. 4), dont nous affinerons certains aspects pour bien faire ressortir le rôle que joue notre concept de propension à communiquer dans l'évolution la plus probable du réseau (I. 5). Enfin, nous montrerons que ce concept exprime le présent du réseau comme tension dialectique entre son passé et son avenir, et offre ainsi une formalisation possible de la notion de présent précieux tout en constituant un marqueur spatiotemporel dans la structure et l'évolution du réseau (I. 6.).

³⁷ Yves Winkin, *La nouvelle communication*, Textes recueillis et présentés par Yves Winkin, Paris, Seuil, 1981; Yves Winkin, *Anthropologie de la communication. De la théorie au terrain*, Bruxelles, De Boeck Université, 1996.

³⁸ Claude Shannon et Warren Weaver, *Théorie mathématique de la communication*, Paris, Retz, 1975.

³⁹ Gregory Bateson, *op. cit.*, 1977; Gregory Bateson, *Vers une écologie de l'esprit, Tome II*, Paris, Seuil, 1980; Gregory Bateson, *La Nature et la Pensée*, Paris, Seuil, 1984; Gregory Bateson, *Une unité sacrée. Quelques pas de plus vers une écologie de l'esprit*, Paris, Seuil, 1996.

⁴⁰ Israël Rosenfield, *L'Invention de la mémoire. Le cerveau, nouvelles données*, Paris, Eshel, 1989; Israël Rosenfield, *La Conscience. Une biologie du moi*, Paris, Eshel, 1990.

I. 1. Communication, information, apprentissage et auto-organisation

Résumons les trois principales différences entre les approches shannonienne et batesonienne de l'information, de la communication et de l'apprentissage⁴¹. Premièrement, à la conception shannonienne limitant la communication à sa forme verbale et volontaire, et posant l'information comme une substance dont l'émission, la transmission et la réception s'effectueraient le long d'un canal linéaire en obéissant à des lois additives, la vision batesonienne oppose une communication iconique et kinésique aussi bien que verbale, volontaire ou non, et posant l'information comme une forme qui parcourt des canaux circulaires en obéissant à des lois de nature combinatoire. Deuxièmement, à la visée shannonienne de codage et de quantification d'une information dénuée de signification qui se transmet entre des pôles d'émission et de réception parfaitement symétriques, la perspective qualitative de la construction batesonienne oppose une information véhiculant des significations diverses et met l'accent sur la perception, privilégiant ainsi le pôle de la réception par rapport à celui de l'émission. Troisièmement, à la conception shannonienne réduisant l'apprentissage du récepteur d'information à un simple empilement de symboles sans filtrage préalable ni restructuration des croyances, la vision batesonienne oppose une catégorisation hiérarchisée de l'apprentissage. Ainsi, un apprentissage batesonien de niveau 1 (apprentissage primaire) consiste en la réception d'un *stimulus* véhiculant une information dans un cadre cognitif donné, et donne lieu à une réponse qui tranche sur celles choisies précédemment par l'entité cognitive concernée parmi un ensemble donné de possibilités. Un apprentissage de niveau 2 (apprentissage secondaire) consiste en l'installation ou au renforcement du cadre cognitif de l'entité et de l'ensemble de possibilités de réponses que renferme ce cadre, suite à une séquence d'apprentissages de

⁴¹ Le modèle de la « pertinence » que Dan Sperber et Deidre Wilson (*La pertinence. Communication et cognition*, Paris, [1986] 1989, Éditions de Minuit) opposent au « modèle du code » peut très facilement se ramener au modèle de Gregory Bateson, à la fois dans sa conception classificatoire et dans sa conception comparative : les « effets de contexte » indispensables à la communication pertinente, tels que les analysent ces deux auteurs, se laissent aisément distribuer sur les trois niveaux principaux d'apprentissage catégorisés par Bateson.

niveau 1. Et un apprentissage de niveau 3 mène l'entité concernée à changer de cadre cognitif, et donc l'ensemble de ses possibilités de réponses consécutives à de nouveaux *stimuli* relevant du niveau 1 d'apprentissage⁴².

Nous sommes ainsi en présence de deux approches très différentes de l'information, de la communication et de l'apprentissage. La première, en parvenant à une expression quantitative dont on connaît les développements technologiques, remplit parfaitement sa fonction de fondement théorique à une amélioration désirée du rendement de lignes télégraphiques de la *Bell Telephone*, mais est manifestement inapte à rendre compte de la richesse des phénomènes liés à la communication sociale. La seconde incorpore au contraire cette richesse dans son projet même, mais demeure purement qualitative. Un début de synthèse entre ces deux approches peut alors être trouvé dans la théorie de l'auto-organisation développée par Atlan⁴³. Cette théorie traite d'une complexité « naturelle » différente de la complexité algorithmique en ce qu'elle caractérise des systèmes non construits, ni constructibles, par un sujet humain. À supposer qu'elle existe, la finalité de ces systèmes est inconnue de l'observateur et fait donc partie intégrante du programme de recherche de ce dernier. Un tel système est dit auto-organisateur lorsqu'une perturbation aléatoire en provenance de son environnement a pour effet d'accroître son degré de complexité, mesuré par la quantité shannonienne d'information qu'il contient. Atlan conserve ainsi le formalisme shannonien, mais il introduit des effets de sens dans ce formalisme lorsqu'il l'étend à une approche informationnelle des organisations biologiques et sociales. Et sa vision de l'apprentissage en termes d'une dialectique entre *patterns* et *stimuli* apparaît alors très proche de l'articulation en niveaux hiérarchisés proposée par Bateson⁴⁴.

⁴² Gregory Bateson, *op. cit.*, 1977, p. 253-282.

⁴³ Henri Atlan, *Entre le cristal et la fumée. ...*, *op. cit.*

⁴⁴ Henri Atlan écrit par exemple : « les patterns, une fois créés, sont comparés avec les nouveaux stimuli ou, plus exactement, sont projetés et appliqués sur eux. Dans la mesure où patterns et nouveaux stimuli peuvent coïncider, on dit qu'on « reconnaît » de nouveaux patterns dans l'environnement. Mais, dans la mesure où ils sont vraiment nouveaux, cette coïncidence ne peut être qu'approximative. Il y a là une ambiguïté dans cette application, dans cette projection de ces patterns sur les nouveaux stimuli, et cette ambiguïté elle-même a alors un rôle positif dans la mesure où elle entraîne une action

Plus précisément, nous avons montré ailleurs⁴⁵ que les processus d'apprentissage inhérents à la catégorisation hiérarchisée à la Bateson sont exactement de même nature que ceux mis en acte par la mémoire humaine telle que la conçoivent Israël Rosenfield et Gérard M. Edelman⁴⁶. Dans cette conception, l'apprentissage présente en effet trois caractéristiques majeures d'un système auto-organisateur à la Atlan. Premièrement, il s'agit d'apprentissage non dirigé, au sens où il ne résulte d'aucun programme préétabli, ni dans la mémoire humaine ni dans l'environnement naturel ou social de cette mémoire. Deuxièmement, la cause efficiente de cet apprentissage réside en la rencontre aléatoire du système (de la mémoire) et de certains facteurs de bruit en provenance de son environnement – où une notion de bruit organisationnel. Troisièmement, le produit de cet apprentissage consiste en la construction de catégories psychologiques (dimension synchrone), ainsi qu'en une différenciation toujours plus fine de telles catégories, dont la liste et le mode même de construction sont susceptibles d'être remis en cause à chaque étape du processus (dimension diachronique). L'ensemble de ces caractéristiques rapporte le fonctionnement de la mémoire humaine à une théorie atlanienne exprimée dans le formalisme shannonien, et nous y reconnaissons facilement les différentes catégories d'apprentissage de Bateson : la rencontre aléatoire du système et de son environnement provoque un apprentissage primaire, et amorce ou renforce simultanément un apprentissage secondaire lui-même toujours susceptible d'être remis en cause par un apprentissage de niveau 3.

en retour sur les patterns eux-mêmes, c'est-à-dire une modification des patterns initiaux. Ceux-ci, modifiés, vont ensuite être projetés à nouveau sur les nouveaux stimuli, et ainsi de suite » (*Entre le cristal et la fumée... op. cit.*, 1979, p. 146, italiques de l'auteur). Nous reconnaissons ici la dialectique batesonienne des apprentissages primaire et secondaire ; Atlan ne distingue pas ce dernier de l'apprentissage de niveau 3.

⁴⁵ Bernard Ancori, « Mémoire et apprentissage : de la neurobiologie à l'auto-organisation », dans Bernard Ancori (dir.), *Apprendre, se souvenir, décider. Une nouvelle rationalité de l'organisation*, Paris, CNRS Éditions, 1992, p. 51-104.

⁴⁶ Israël Rosenfield, *L'invention de la mémoire... op. cit.*, 1989 ; Israël Rosenfield, *La conscience... op. cit.*, 1990 ; Israël Rosenfield, *Une anatomie de la conscience. L'étrange, le familier, l'oublié*, Paris, Flammarion, 1996 ; Gérard M. Edelman, *Biologie de la conscience*, Paris, Odile Jacob, 1992.

Néanmoins, la société d'acteurs cognitifs individuels envisagée ici n'est ni construite ni constructible dans sa globalité par qui que ce soit, de sorte que sa finalité propre (si elle en a une) nous demeure, en principe, inconnue. Son analyse relève donc bien de la complexité naturelle au sens de Atlan, mais il vaut sans doute mieux parler ici de réseau que de système complexe : au-delà d'une absence de finalité explicite ou d'une ignorance de notre part quant à sa nature exacte, nous devons renoncer à la notion même de finalité en matière de société globale. Or, cette notion constitue l'une des cinq caractéristiques majeures dont la congruence définit le concept de système⁴⁷. Notre objet est donc un réseau naturellement complexe, que nous analyserons sur la base des concepts d'information, de communication et d'apprentissage afin de mettre en évidence ses potentialités auto-organisatrices.

I. 2. Hypothèses et notations relatives à la structure du réseau

H1 : Les acteurs individuels, notés A_i , $i = 1, \dots, m$, sont représentés dans le modèle sous l'angle de leurs représentations. Ces dernières sont formées à partir de « concepts naturels », qui n'ont pas été élaborés par la rationalisation, au contraire des « concepts élaborés »⁴⁸. En d'autres termes, ces représentations mentales génériques sont présentes dans l'esprit de tous les hommes et constituent des croyances pouvant se révéler fausses, au contraire de connaissances définies comme des croyances vraies justifiées de manière pertinente. La structure de ces représentations est propositionnelle (chaque proposition est composée d'un prédicat et d'un ou plusieurs arguments : A_1 croit que p , A_2 croit que A_3 croit que q , etc.), et elle est construite par assemblage de représentations qui ont une structure de concept. Ces représentations mentales constituent la mémoire à long terme des acteurs individuels.

H2 : Les représentations de l'acteur A_i sont composées de catégories mentales, c'est-à-dire de significations des concepts mentaux vus sous

⁴⁷ Jean-Louis Le Moigne, *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*, 4^e éd., Paris, PUF, 1994.

⁴⁸ Jean-François Le Ny, *Comment l'esprit produit du sens. Notions et résultats des sciences cognitives*, Paris, Odile Jacob, 2005, p. 75 sq.

l'angle de leur extension (l'extension du concept <fleur> est l'ensemble de toutes les fleurs). Plus précisément, ce sont les représentations occurrences de fleurs particulières, et non ces fleurs elles-mêmes, qui « tombent sous » la catégorie <fleur>. La notion de catégorie s'applique donc aussi bien à des représentations de nature perceptive qu'à des représentations proprement conceptuelles. Par ailleurs, une occurrence est une réalité physique perçue qui est cause d'une suite d'événements mentaux, perceptifs, puis sémantiques, dont le produit global est une « représentation occurrence », et la catégorisation est définie comme la mise en œuvre de la relation « est-un » (« ceci est une fleur »). La catégorisation consiste donc à affecter une représentation occurrence particulière (« cet objet, actuellement en face de moi... ») à une représentation générique, qui est la catégorie («... est une fleur »)⁴⁹. Dans cette conception, la perception est entièrement tissée de catégorisations, au sens où ce que perçoivent les acteurs ce sont des objets (choses, individus, événements, etc.) regroupés dans des catégories perceptives : percevoir est reconnaître une occurrence relevant d'une catégorie⁵⁰. Cette conception actuelle rejoint ainsi les travaux plus anciens de Jérôme S. Bruner⁵¹, pour qui toute expérience perceptive représentait le produit final d'un processus de catégorisation : la perception dépend de la construction d'un système de catégories en fonction desquelles le sujet cognitif classe les *stimuli*, de tels systèmes de catégories étant construits par ce sujet sur la base d'inférences de l'identité de ces *stimuli* à partir d'indices ou de signes. L'aspect inductif de la catégorisation consiste alors en l'attribution d'un *stimulus* à une classe de *stimuli*, et son aspect déductif consiste en l'utilisation de l'appartenance d'un item à une catégorie pour associer à cet item les caractéristiques de cette catégorie.

Dans notre modèle, chaque catégorie (indiquée par j) ainsi construite à la date (t) par l'acteur A_i est notée C_j^t , où q représente le nombre d'occurrences de la catégorie C_j dans cet ensemble depuis le plus lointain

⁴⁹ *Ibid.*, p. 160 sq.

⁵⁰ *Ibid.*, p. 164 sq.

⁵¹ Jérôme S. Bruner, « Les processus de préparation à la perception », dans Jérôme S. Bruner, François Bresson, Albert Morf et Jean Piaget (dir.), *Logique et perception*, Paris, PUF, 1958.

passé de A_i jusqu'à la date (t). Une telle catégorie est élément d'un ensemble $S_i(t)$ dont le cardinal est noté I . Ce processus de catégorisation correspond très exactement à la dimension synchronique de l'apprentissage commune à Atlan et à Rosenfield, et à la dialectique entre *stimuli* et *patterns* (ou entre apprentissages primaire, secondaire et de niveau 3) commune à H. Atlan et à G. Bateson. La dimension diachronique de la conception de l'apprentissage partagée par ces trois auteurs consiste en une différenciation ininterrompue des catégories mentales ainsi formées, ainsi qu'en une éventuelle remise en cause du mode de sélection et d'organisation de ces catégories⁵².

H3 : Chaque catégorie mentale C_j , élément de S_i , est définie dans le modèle jusqu'au niveau d'agrainissement⁵³ le plus faible (selon le pouvoir de discrimination le plus élevé) actuellement accessible à A_i . Dans chaque état du réseau, ce pouvoir de discrimination est fini, et les catégories C_j les plus fines y figurant sont dites « élémentaires ». Ainsi la catégorie <fleur> est élémentaire pour A_k dans l'état considéré du réseau si le pouvoir de discrimination de cet acteur se réduit à distinguer les fleurs des légumes, mais non pour A_i qui, dans le même état du réseau, vient de distinguer <tulipe> de <réséda> : alors que le

⁵² Dans le formalisme de Claude Shannon, repris par Henri Atlan, ce processus exprime l'essence même d'un système auto-organisateur, qui est de répondre à une perturbation aléatoire liée à des facteurs de bruit par une différenciation croissante (une redondance décroissante) de ses éléments. Plus précisément, étant donné H (quantité d'information contenue dans un système dont la redondance est R), H_{max} (quantité d'information contenue dans ce système pour $R = 0$) et R (redondance du système définie par $R = (H_{max} - H) / H_{max}$), le système s'auto-organise entre (t_0) et (t_1) sous l'effet de perturbations aléatoires liées à des facteurs de bruit si, et seulement si, $H(t_1) > H(t_0)$ (ou, de manière duale, $R(t_1) < R(t_0)$). L'apprentissage mis en acte dans ces dimensions synchronique (catégorisation) et diachronique (différenciation des catégories) peut s'effectuer sur un mode invariable, ou être lui-même susceptible de changements : dans le premier cas, il s'effectue dans le cadre de l'apprentissage secondaire, et dans le second il donne lieu à un apprentissage de niveau 3 au sens de Gregory Bateson.

⁵³ Ce concept d'agrainissement est emprunté par la physique à la photographie : par analogie avec le « grain » d'une photographie qui définit une limite à la quantité d'information qu'elle peut fournir, un découpage à « très gros grain » donne une impression sommaire de l'objet observé, correspondant à un « très fort agrainissement » (voir Murray Gell-Mann, *op. cit.*, p. 47).

répertoire cognitif du premier contient la catégorie élémentaire <fleur> (C^q), celui du second contient désormais, outre <fleur>, augmentée d'une occurrence supplémentaire (C^{q+1}) et qui n'est plus une catégorie élémentaire, les catégories élémentaires <tulipe> ($C'_{j,1}$) et <réséda> ($C'_{j,2}$) – notées plus simplement $C_{j,1}$ et $C_{j,2}$.

H4: $\mathcal{P}(S_j)(t)$, ensemble des parties de l'ensemble $S_j(t)$, avec $|\mathcal{P}(S_j)(t)| = 2^l$, formalise la notion de répertoire cognitif de A_i à la date (t) . Ce répertoire constitue donc l'ensemble de toutes les combinaisons formellement possibles des catégories C^q figurant dans $S_j(t)$ ⁵⁴. De manière générale, seul un sous-ensemble $p(S_j)(t)$ de $\mathcal{P}(S_j)(t)$ est sémantiquement pertinent pour A_i dans l'état correspondant du réseau, et un tel sous-ensemble constitue la mémoire individuelle de l'acteur concerné. Cette mémoire est susceptible de changer dans le cadre d'un répertoire cognitif donné, car certaines parties figurant dans ce répertoire, et dénuées de toute signification dans certains états du réseau, peuvent en acquérir une dans d'autres états de ce dernier et réciproquement⁵⁵. Néanmoins, nous considérerons ici que l'intégralité

⁵⁴ Notons que notre modèle ne spécifie pas la forme précise que prennent ces combinaisons, et que notre notion de répertoire cognitif est *a priori* plus large que celle de lexique mental qui désigne un répertoire de représentations conjointes de la forme et de la signification de mots (alors que le répertoire cognitif considéré ici contient également des représentations d'images). Ces deux notions – répertoire cognitif et lexique mental – se confondent néanmoins si l'on admet l'hypothèse selon laquelle toute représentation mentale doit être associée à une verbalisation pour être pleinement elle-même, ce qui confère *ipso facto* une structure linguistique au répertoire cognitif.

⁵⁵ C'est ainsi qu'avant 1869, la rencontre fortuite d'un parapluie et d'une machine à coudre sur une table d'opération – une partie de type $\{C_1, C_2, C_3\}$ – n'avait de signification pour personne. Depuis *Les Chants de Maldoror* publiés par Lautréamont, une telle partie demeure certes insolite aux yeux de nombre d'acteurs, mais elle ne peut plus être considérée comme totalement dénuée de signification pour l'ensemble de ces derniers. Et le célèbre jeu du « cadavre exquis » inventé ensuite par les surréalistes montre que le mode de construction produisant de telles combinaisons de catégories a perdu son caractère insensé pour devenir l'une des voies possibles d'exploration du langage et de la relation du sujet parlant à ce dernier, telle qu'explorée par la psychanalyse par la technique de l'association libre. Réciproquement, certaines combinaisons de catégories peuplant la cosmologie antique – pensons aux discussions aristotéliennes sur le mouvement, les graves,

du répertoire cognitif de A_i est sémantiquement pertinent dans tous les états du réseau. Nous évitons ainsi des complications inutiles, car la distinction entre $p(S_i)(t)$ et $\rho(S_i)(t)$ est sans conséquence analytique sur la définition et le fonctionnement de notre concept de propension à communiquer. En revanche, ce point sera central dans la section I. 3 de ce texte.

Sous les hypothèses H1 à H4, l'état du réseau à la date (t) est représentable par une matrice booléenne $[a_{ij}](t)$ dont les lignes sont les acteurs individuels A_i , $i = 1, \dots, m$, et les colonnes les catégories élémentaires C_j , $j = 1, \dots, n$. Les coefficients de cette matrice⁵⁶ sont tels que $a_{ij} = 1$ si, et seulement si, l'ensemble $S_i(t)$ contient la catégorie C_j , et $a_{ij} = 0$ dans le cas inverse. Notons que cette matrice ne figure pas la répartition d'un stock global préalable de représentations parmi les acteurs (avec un reste éventuel, de sorte qu'il pourrait exister une ou plusieurs colonnes de $[a_{ij}](t)$ telles que $a_{ij} = 0, \forall i$), mais la composition d'un réseau de représentations à partir des représentations individuelles, de sorte que toute colonne de la matrice contient au moins un « 1 ». Donnons un exemple simple d'une telle matrice, en posant $m = 2$, $n = 5$ et $q = 1, \forall j$. L'état du réseau à la date (t) est alors représenté par :

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_k	1	0	1	0	1
A_l	0	1	1	1	0

l'espace, les qualités – sont devenues si étrangères aux esprits contemporains qu'elles en paraissent littéralement insensées. Pourtant, chacune des catégories élémentaires composant de telles combinaisons existait dans les répertoires cognitifs des acteurs avant que ces combinaisons n'acquiescent une signification pour eux (avant L'autrémont), ou continue d'exister après que leur combinaison a perdu toute signification à leurs yeux (après Copernic et Galilée). Pour une variation sur ce thème, voir François Poplin, « Le parapluie et le bédane. Un lien anthropozoologique entre les canards et les chevaux », *Alliage*, n° 29-30, 1996-1997, p. 29-30.

⁵⁶ Cet état du réseau serait, bien entendu, représentable également par une matrice booléenne dont les lignes seraient les acteurs individuels et les colonnes les éléments de $P(S_i)(t)$, et non ceux de $S_i(t)$.

Selon les notations définies ci-dessus :

$$S_k(t) = \{C_1, C_3, C_5\} ; |S_k|(t) = K = 3$$

$$\mathcal{P}(S_k)(t) = \{\{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_3\}, \{C_5\}, \{C_1C_3\}, \{C_1C_5\}, \{C_3C_5\}, \{C_1C_3C_5\}\} ; |\mathcal{P}(S_k)|(t) = 2^3$$

$$S_l(t) = \{C_2, C_3, C_4\} ; |S_l|(t) = L = 3$$

$$\mathcal{P}(S_l)(t) = \{\{\emptyset\}, \{C_2\}, \{C_3\}, \{C_4\}, \{C_2C_3\}, \{C_2C_4\}, \{C_3C_4\}, \{C_2C_3C_4\}\} ; |\mathcal{P}(S_l)|(t) = 2^3$$

Ainsi que précisé précédemment, l'intégralité des répertoires cognitifs individuels $\mathcal{P}(S_i)(t)$ est ici sémantiquement pertinente pour tous les acteurs : $P(S_i)(t) \equiv \mathbf{p}(S_i)(t), \forall i, \forall t$. Nous parlerons donc indifféremment ici de « répertoire cognitif individuel » et de « mémoire individuelle ».

H5 : La « mémoire » globale du réseau à la date (t) est définie par $\Gamma(t)$, union des répertoires cognitifs individuels à cette même date : $\Gamma(t) = \cup_i \mathcal{P}(S_i)(t)$. Dans notre exemple, $\Gamma(t)$ contient 14 parties : $\Gamma(t) = \mathcal{P}(S_k) \cup \mathcal{P}(S_l) = \{\{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3\}, \{C_4\}, \{C_5\}, \{C_1C_3\}, \{C_1C_5\}, \{C_3C_5\}, \{C_1C_3C_5\}, \{C_2C_3\}, \{C_2C_4\}, \{C_3C_4\}, \{C_2C_3C_4\}\}$.

H6 : Le volume de la mémoire globale du réseau est mesurable dans le langage de la théorie shannonienne de l'information. À chaque date (t) considérée, le nombre de bits contenus dans cette mémoire est égal à $H(t) = |\Gamma(t)|$. $H(t)$ mesure alors la complexité structurale du réseau. Dans notre exemple, la quantité maximale d'information contenue dans le réseau, notée $H_{max}(t)$, est égale à $|\mathcal{P}(S_k)(t)| + |\mathcal{P}(S_l)(t)| = 16$ bits, alors que la complexité structurale du réseau, notée $H(t)$, est égale à 14 bits, de sorte que la redondance $R(t)$ de ce dernier est de 12,5 %.

I. 3. Hypothèses relatives à l'évolution du réseau

H7 : L'évolution du réseau résulte, d'une part, de communications entre acteurs individuels, d'autre part, de processus de cognition internes aux acteurs. Elle se traduit par différents types d'apprentissage conduisant à des gains individuels et collectifs d'information.

H8 : Dans une perspective volontariste, la communication inter-individuelle peut se concevoir ainsi :

Communiquer consiste ainsi, pour l'énonciateur, à mettre en œuvre, en partie implicitement et en partie explicitement, les processus mentaux et les connaissances linguistiques dont il dispose pour créer un objet physique, l'énoncé (oral ou écrit), dont il sait implicitement, lui énonciateur, ou dont au pis il espère, qu'il produira dans l'esprit du compreneur la représentation qu'il vise. Comprendre consistera de son côté, pour le récepteur, à utiliser les processus mentaux et les connaissances linguistiques dont il dispose pour construire une représentation mentale qui interprète l'énoncé, c'est-à-dire qui corresponde, avec plus ou moins d'exactitude, à la représentation qui constituait la visée cognitive de l'énonciateur⁵⁷.

Ainsi que nous l'avons dit en introduction, cette perspective n'est pas ici la nôtre : nous n'analyserons donc pas la communication en termes de « visée cognitive », mais plutôt sous l'angle des messages que peuvent échanger ou non des acteurs individuels, eux-mêmes jamais quelconques car toujours situés dans l'espace et dans le temps du réseau. La notion de possible fonctionne ainsi à deux niveaux dans notre modèle : celui des acteurs pouvant (ou non) entrer en communication et celui des messages échangeables (ou non) entre eux à cette occasion. La condition nécessaire (mais non suffisante) de l'établissement d'une communication à la date (t) entre acteurs consiste en l'existence d'un langage commun entre ces derniers. Ce langage commun est formalisable par l'intersection des ensembles de catégories élémentaires à la date considérée : $S_c(t) = \cap_i S_i(t)$, avec $C = |S_i| (t)$. Si cette intersection est vide, la communication est impossible entre les acteurs concernés. Remarquons que dans notre exemple, $S_i(t) = S_k(t) \cap S_j(t) = C_3$, et la communication est donc possible entre les acteurs A_k et A_j .

⁵⁷ Jean-François Le Ny, *op. cit.*, 2005, p. 109.

H9 : Comme le soulignent Alain Degenne et Michel Forsé⁵⁸, le proverbe « qui se ressemble s'assemble » est largement confirmé par les données sociologiques concernant les relations affinitaires, dont l'une des principales caractéristique est ainsi d'être homophiles. Traduire cette réalité empirique dans notre modèle revient à construire une échelle graduée de probabilités de communications entre acteurs sur la base des degrés de ressemblance existant entre ces derniers : entre des communications impossibles ($S_c(t) = \emptyset$) et des communications certaines ($S_c(t) = S_i(t)$) se situe toute une gamme de communications allant du moins probable au plus probable, et il doit exister une correspondance terme à terme entre les degrés de cette gamme et les degrés de ressemblance entre acteurs. Cette correspondance est celle d'une distribution de propensions à communiquer entre acteurs – en empruntant ici à Popper⁵⁹ le sens qu'il donne à la notion de propension : celui d'une probabilité conditionnelle à une situation. Cette situation est ici celle de l'état considéré du réseau, dans lequel notre concept de propension à communiquer constitue une spécification de la notion de distance informationnelle, définie dans le cadre de la complexité algorithmique⁶⁰. Soit deux objet discrets x et y qui, dans ce cadre, sont deux séquences binaires finies de longueurs généralement inégales ; la distance informationnelle algorithmique entre x et y est la quantité d'information minimale suffisante pour transformer x en y , et réciproquement, au moyen d'un ordinateur universel. Rapportée aux acteurs A_k et A_l dans le cadre de notre réseau, cette distance informationnelle peut s'exprimer par la différence entre le cardinal de l'union et le cardinal de l'intersection de leurs ensembles de catégories élémentaires – cette union et cette intersection étant bien deux ensembles discrets et finis, $\forall t$. Soit $D_{kl}(t)$ cette distance informationnelle à la date (t) : $D_{kl}(t) = |S_k(t) \cup S_l(t)| - |S_k(t) \cap S_l(t)|$.

⁵⁸ Alain Degenne et Michel Forsé, « Comment on trouve ses amis. Enquête sur la sociabilité des Français », dans *Les liens sociaux invisibles*, numéro hors série de *Sciences humaines*, n° 5, mai-juin 1994, p. 20-24; Alain Degenne et Michel Forsé, *Les Réseaux sociaux*, Paris, Armand Colin, 1994.

⁵⁹ Karl Popper, *Un univers de propensions. Deux études sur la causalité et l'évolution*, Nîmes, Éditions de l'Éclat, 1992.

⁶⁰ Ming Li et Paul Vitányi, *An Introduction to Kolmogorov complexity and its applications*, Second Edition, Berlin, Springer-Verlag, 1997.

Il s'agit là d'une distance informationnelle absolue entre ces deux acteurs, qu'il convient de transformer en une distance relative (comprise entre 0 et 1) pour pouvoir l'associer à une probabilité. Soit $d_{kl}(t)$ la distance informationnelle relative entre A_k et A_l à la date (t) , définie comme suit :

$$0 \leq d_{kl}(t) = \frac{D_{kl}(t)}{|S_k(t) \cup S_l(t)|} = \frac{||S_k(t) \cup S_l(t)| - |S_k(t) \cap S_l(t)||}{|S_k(t) \cup S_l(t)|} < 1$$

Nous pouvons alors définir un concept de proximité cognitive (ou de degré de ressemblance) entre les acteurs A_k et A_l comme étant le complémentaire à l'unité de leur distance informationnelle relative. Soit $r_{kl}(t)$ cette proximité cognitive :

$$r_{kl}(t) = 1 - d_{kl}(t)$$

$$r_{kl}(t) = 1 - \frac{||S_k(t) \cup S_l(t)| - |S_k(t) \cap S_l(t)||}{|S_k(t) \cup S_l(t)|}$$

$$r_{kl}(t) = \frac{|S_k(t) \cap S_l(t)|}{|S_k(t) \cup S_l(t)|}$$

$$0 \leq r_{kl}(t) < 1$$

Identifions finalement la proximité cognitive $r_{kl}(t)$ entre les acteurs A_k et A_l à leur propension à communiquer $p_{kl}(t)$ dans l'état considéré du réseau : $0 \leq r_{kl}(t) \equiv p_{kl}(t) < 1$.

Dans le cadre de notre réseau complexe, nous proposons donc de spécifier la notion de proximité informationnelle, duale de celle de distance informationnelle, en identifiant ce degré de ressemblance cognitive entre deux acteurs à la propension à communiquer entre ces derniers, mesurée par le rapport du cardinal de l'intersection de leurs ensembles de catégories élémentaires au cardinal de l'union de ces ensembles. Cette propension peut donc être nulle (l'absence de langage commun entre les acteurs traduit leur totale dissemblance), et lorsqu'elle ne l'est pas, cette propension à communiquer est toujours inférieure à l'unité (aucun acteur n'est strictement semblable à aucun autre, de sorte que le cardinal de l'intersection des ensembles considérés est toujours strictement inférieur au cardinal de l'union de ces ensembles). La

propension à communiquer entre les acteurs A_k et A_l figurant dans l'exemple donné plus haut est la suivante : $0 \leq p_{k,l} = C / (K + L - C) = 1/5 < 1$

Ce n'est donc jamais n'importe quel acteur (ou groupe d'acteurs) qui peut, dans tout état du réseau, communiquer avec n'importe quel autre acteur (ou groupe d'acteurs) : dans chaque état du réseau, certaines communications peuvent être totalement impossibles ($S_i = \cap_i S_i = \emptyset$), d'autres sont plus ou moins probables et aucune n'est certaine (sauf la communication de chaque acteur individuel avec lui-même, $p_{i,i}(t) = 1, \forall i, \forall t$). Ainsi définie, la propension à communiquer entre acteurs est une fonction décroissante de la taille des groupes formés par ces acteurs. En effet, la propension à communiquer entre trois acteurs A_k, A_l et A_r (notée $p_{k,l,r}$) est égale au produit $p_{k,l} \cdot p_{l,r} \cdot p_{r,k}$ lorsque leur communication est pleinement triadique, ou aux produits $p_{k,l}, p_{l,r}$ ou $p_{l,r} \cdot p_{r,k}$ ou encore $p_{r,k} \cdot p_{k,l}$ lorsque qu'elle est pseudo triadique. Or, $p_{k,l}, p_{l,r}$ et $p_{r,k}$ sont, par construction, toutes trois inférieures à l'unité. Si $p_{k,l}, p_{l,r}$ et $p_{r,k}$ sont toutes trois non nulles, la propension à communiquer de ces trois acteurs est donc strictement inférieure à celle de chacune des trois couples d'acteurs correspondants. *A fortiori* pour des groupes formés de quatre acteurs, de cinq acteurs, etc. Il suit que le type de communication le plus probable au sein du réseau est celui de communications dyadiques. Il peut certes exister certains états du réseau où telle communication triadique est plus probable que telle communication dyadique, mais en ce cas chacune des trois communications dyadiques composant cette communication triadique est plus probable que cette dernière.

H10 : Liée à des processus de cognition internes aux acteurs ou à la réception des messages par ces derniers lors de leurs communications, l'information issue de l'apprentissage obéit à des lois combinatoires (batesoniennes) et non à des lois additives (shannoniennes). Certes, toute catégorie élémentaire nouvellement construite ou reçue par A_i vient s'ajouter à celles déjà présentes dans son ensemble S_i . Mais dans son répertoire cognitif, $\mathcal{P}(S_i)$, elle crée de nouvelles combinaisons possibles de catégories mentales : chaque nouvelle catégorie mentale vient ainsi doubler le volume de ce répertoire cognitif (I devient $I+1$, et 2^I devient 2^{I+1}).

H11 : Les processus de cognition internes aux acteurs sont de deux types. Le premier est celui de raffinements de catégories élémentaires existantes : ainsi que nous l'avons vu en H3, la catégorie C_j^y (<fleur>) peut se voir raffinée en (par exemple) deux sous-catégories élémentaires $C_{j,1}^y$ (<tulipe>) et $C_{j,2}^y$ (<réséda>), lorsque le pouvoir de discrimination de l'acteur s'accroît (lorsque son degré d'agraindissement diminue). Ces nouvelles catégories élémentaires $C_{j,1}^y$ et $C_{j,2}^y$ apparaissent dès lors dans la matrice $[a_{ij}]$ à côté de la catégorie C_j^{y+1} , ainsi raffinée. Ce processus est *a priori* sans fin, et chaque raffinement de ce type vient au moins quadrupler le volume du répertoire cognitif de l'acteur : si C_j^y est raffinée en trois sous catégories $C_{j,1}$ (<tulipe>), $C_{j,2}$ (<réséda>) et $C_{j,3}$ (<rose>), $|S|$ augmente de trois unités et le volume du répertoire cognitif de l'acteur est multiplié par huit, etc. De manière générale, à un raffinement de C_j^y en $C_{j,1}, C_{j,2}, \dots, C_{j,r}$ correspond une multiplication du répertoire cognitif considéré par 2^r . Le second type de processus de cognition interne aux acteurs consiste en création de nouvelles catégories élémentaires par la mise en acte d'analogies ou de métaphores⁶¹, et ce processus double le volume du répertoire cognitif concerné pour chaque catégorie élémentaire nouvelle ainsi créée. Alors que cette création de catégories élémentaires nouvelles correspond à la dimension synchronique de la conception de l'apprentissage commune à Atlan, Bateson et Rosenfield, le raffinement de catégories élémentaires existantes correspond à la dimension diachronique de cette conception de l'apprentissage.

H12 : L'apprentissage réalisé par l'acteur individuel présente deux autres dimensions. Sa dimension extensive recouvre les trois modalités décrites ci-dessus (raffinement ou création de catégories élémentaires par la cognition individuelle et réception de messages lors de la communication), et elle donne lieu à des gains d'information mesurables selon les modalités décrites par H6. Mais l'apprentissage présente également une dimension intensive, correspondant aux modifications des exposants q des catégories élémentaires C_j^y . Nous savons que chaque activation nouvelle d'une telle catégorie dans le répertoire cognitif de A_i augmente cet exposant d'une unité (C_j^y devient alors C_j^{y+1}). La catégorie

⁶¹ Bernard Ancori, « Analogie, évolution scientifique... », *op. cit.*, 2005.

élémentaire concernée se voit ainsi davantage ancrée dans le répertoire cognitif correspondant : chaque nouvelle occurrence d'une catégorie donnée provoque un traitement cognitif qui laisse une trace en mémoire – un résidu d'apprentissage qui s'accumule peu à peu. Ce processus de renforcement de l'ancrage de catégories élémentaires connaît une limite, car « plus nous savons quelque chose, moins nous sommes conscients de ce savoir⁶² » : il arrive ainsi un moment (lorsque $q \geq g$) où ce savoir disparaît totalement de notre conscience pour devenir non conscient.

Cette formalisation rejoint l'optique selon laquelle la psychologie cognitive considère actuellement la conscience. Car cette dernière est vue aujourd'hui comme une propriété des états momentanés des représentations plutôt que comme une entité ou une instance, et cette propriété est graduable selon une échelle allant du « très conscient » au « non conscient » en passant par le « très peu conscient » et comportant une notion de seuil : « au-dessus du seuil, les représentations sont conscientes, et elles le sont plus ou moins; au-dessous du seuil elles sont non conscientes, ou infraconscientes, également avec un degré (négatif)⁶³ ». Déjà ancienne (Bateson disait la tenir de Samuel Butler), la notion batesonienne de renforcement gradué de l'ancrage de représentations conscientes débouchant sur un seuil à partir duquel ces représentations deviennent non conscientes fournit une description plausible du mécanisme cognitif sous-jacent à la gradualisation du concept de « conscient » élaboré aujourd'hui par la psychologie cognitive. Ajoutons, pour notre part, l'hypothèse selon laquelle les représentations devenues ainsi non conscientes (composées de combinaisons de catégories de type C^k) rejoindraient alors un niveau métacatégoriel, qui déterminerait la sélection et l'organisation du sous-ensemble $\mathbf{p}(S_i)(t)$ de $\mathcal{P}(S_i)(t)$ sémantiquement pertinent pour A_i dans l'état considéré du réseau (voir H4). De fait, une telle formulation analytique traduit fidèlement les mécanismes cognitifs sous-jacents à la rupture impliquée par un apprentissage batesonien de niveau 3 venant briser le cours de l'apprentissage de niveau 2. Et par ailleurs, cette formulation exprime très exactement la double signification du concept de catégorie psychologique, qui recouvre à la fois l'emblème de nos

⁶² Gregory Bateson, *op. cit.*, 1977, p. 146 *sq.*; Gregory Bateson, *op. cit.*, 1996, p. 153 *sq.*

⁶³ Jean-François Le Ny, *op. cit.*, p. 67-68.

expériences et les moyens par lesquels de tels emblèmes en viennent à être définis⁶⁴ : la valeur g représente ainsi le point critique auquel une catégorie donnée « saute » du niveau où elle figure un emblème de nos expériences au métaniveau où elle contribue à définir de tels emblèmes.

H13 : Toute modification de l'ensemble de métacatégories de type C_g est donc susceptible de modifier $\mathbf{p}(S)$, et ceci de deux manières : soit au terme d'une augmentation progressive du coefficient d'une catégorie C_b , où $b \leq g$, (ou d'une ou de plusieurs combinaisons de telles catégories), qui passerait ainsi de C_b^j à C_b^k sur le mode décrit à l'instant, soit par diminution du coefficient d'une catégorie (d'une ou de plusieurs combinaisons de telles catégories) de C_g^j à C_g^k . Tel est le cas lorsqu'on essaie d'explicitier certains présupposés implicites d'une construction intellectuelle (notamment scientifique) impliquant des concepts « élaborés », par exemple, au cours d'une « révolution scientifique » au sens de Kuhn⁶⁵, mais tel est également, et plus généralement, le cas lorsque notre jeu habituel de concepts « naturels » (notre mémoire individuelle) se heurte à une difficulté. Le Ny⁶⁶ cite à cet égard l'exemple d'une difficulté rencontrée en cours de route dans la conduite automobile : introduite par Walter Schneider et Richard M. Shiffrin⁶⁷, la distinction entre processus cognitifs automatiques et processus cognitifs « stratégiques » (délibérés ou semi-volontaires) s'applique alors

⁶⁴ Fernando Gil, Article « Catégories », *Encyclopaedia Universalis*, T. IV, 1990, p. 88-91. Pour un fondement neurobiologique de cette conception, voir le processus de renforcement des jonctions synaptiques, ainsi que la formation et le rôle des cartes cérébrales, qui se trouvent au centre du concept de « darwinisme neuronal » proposé par Gérard M. Edelman (*op. cit.*, 1992) et repris par Israël Rosenfield (*op. cit.*, 1989). Pour une interprétation économique de l'intériorisation croissante de l'apprentissage secondaire, voir Thierry Gaudin, *Introduction à l'économie cognitive*, Nîmes, Éditions de l'Éclat, 1997, p. 89 sq.

⁶⁵ Thomas Kuhn, *op. cit.*, 1972.

⁶⁶ Jean-François Le Ny, *op. cit.*, p. 116.

⁶⁷ Walter Schneider et Richard M. Shiffrin, « Controlled and automatic human information processing I: Detection, search, and attention », *Psychological Review*, vol. 84, 1977, p. 1-66; Walter Schneider et Richard M. Shiffrin, « Controlled and automatic human information processing II: Perceptual learning, automatic attending, and a general theory », *Psychological Review*, vol. 84, 1977, p. 127-190.

pleinement – les seconds reprennent le contrôle de l'activité en cours. Nous pouvons alors parler d'explicitation de représentations non conscientes, et d'implication de représentations conscientes à propos du processus inverse.

H14 : Dans notre modèle, le contenu de la mémoire de travail n'est rien d'autre que la partie active de la mémoire à long terme, elle-même identifiée à la partie sémantiquement pertinente du répertoire cognitif de l'acteur individuel⁶⁸. Le phénomène de l'oubli peut alors prendre deux formes. Il peut d'abord résulter de la non activation d'une ou de plusieurs catégories mentales pendant un nombre e de périodes. Les représentations correspondantes s'effacent alors tout simplement du répertoire cognitif concerné⁶⁹. Mais l'oubli peut également résulter de l'enfouissement du trop connu dans le non connu, tel que décrit ci-dessus. Il est alors synonyme d'effacement et d'inscription simultanés de certaines parties des mémoires des acteurs, et constitue ainsi un phénomène de destruction créatrice. À un premier niveau, l'effacement est celui d'un degré donné de renforcement de certaines représentations

⁶⁸ Voir Jean-François Le Ny, *op. cit.*, p. 92 *sq.*

⁶⁹ Ce n'est que dans une révision récente de la notion de consolidation qu'il est possible de trouver un fondement neurobiologique à cette conception de l'oubli comme effacement pur et simple d'information. Cette notion repose en effet classiquement sur une distinction tranchée entre mémoire à court terme (ou mémoire de travail) et mémoire à long terme : après une phase (de quelques secondes à quelques jours) durant laquelle les informations nouvelles sont accueillies par la première sous forme de souvenirs instables et labiles, une seconde phase appelée « consolidation » permet de conserver les souvenirs sous une forme durable dans la seconde. Jusqu'à une période très récente, il était communément admis que le passage de la mémoire à court terme à la mémoire à long terme était irréversible, et qu'en conséquence la mémoire une fois consolidée devenait permanente. Mais des travaux expérimentaux menés sur le rat par Susan Sara (« Retrieval and Reconsolidation: Toward a Neurobiology of Remembering », *Learning & Memory*, vol. 7, n° 2, 2000, p. 73-84) montrent que les souvenirs consolidés ne sont pas nécessairement permanents : un rat ayant fixé un certain apprentissage, et soumis à un traitement amnésiant dans le même contexte que celui du début de cet apprentissage, oublie ce qu'il a appris; au contraire, si le traitement amnésiant lui est administré dans un contexte différent de celui du début de l'apprentissage, la compétence issue de ce dernier subsiste. Qu'ils soient transposables ou non au cas de la mémoire humaine, ces résultats montrent que le contexte est tout aussi indispensable à l'oubli qu'à l'apprentissage.

au profit de l'inscription simultanée du degré immédiatement supérieur de renforcement de ces dernières. Les apprentissages ainsi impliqués restent aux niveaux 1 et 2, et il est clair qu'un acteur dont la mémoire s'est enrichie d'une catégorie C^{q+1}_j et a simultanément perdu la catégorie C^q_j conserve la capacité de communiquer avec tout acteur dont la mémoire contient $C^q_p, \forall q \leq g$. À un second niveau, l'effacement est celui de certaines représentations contenues dans \mathbf{p} (Si) au profit de l'inscription simultanée d'autres représentations dans la mémoire individuelle concernée, suite aux processus d'explicitation ou d'implication décrits plus haut, et qui correspondent à un apprentissage Batesonien de niveau 3. Entre de telles ruptures, tout ensemble donné de métacatégories individuelles détermine certaines routines cognitives parfaitement ancrées chez l'acteur concerné. Du point de vue de la réception d'information, ces routines se traduisent par une manière donnée de filtrer messages et *stimuli* et de leur attribuer des significations ; du point de vue de l'émission d'information, elles viennent sélectionner d'une manière donnée les séquences de combinaisons de catégories composant les messages. De même que la valeur g associée au seuil critique impliqué par la seconde forme d'oubli, le nombre de périodes e , au terme desquelles les représentations non activées s'effacent des mémoires concernées selon la première forme d'oubli, n'est pas déterminable dans le cadre du modèle. Les valeurs g et e fonctionnent donc comme des paramètres de ce dernier.

H15 : Toute modification de l'un au moins des coefficients de la matrice $[a_{ij}]$ fait passer l'état du réseau de la date (t) à la date ($t+1$). Une période du réseau correspond à ce passage d'un état à l'état immédiatement suivant, et elle constitue l'unité élémentaire de la temporalité de ce réseau.

I. 4. Fonctionnement global du réseau : un modèle de communication sociale

Reprenons l'exemple simple donné plus haut, en considérant que l'état ainsi décrit du réseau est son état initial (t_0) :

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_k	1	0	1	0	1
A_l	0	1	1	1	0

Nous savons que $S_c(t_0) \neq \emptyset$, de sorte que les deux acteurs concernés peuvent communiquer sur la base de leur langage commun, formalisé ici par C_3 . Remarquons que cette catégorie partagée apparaît de deux manières différentes dans chacun des répertoires cognitifs des acteurs à la date (t_0) : sous forme de singleton, ou en étant combinée à d'autres catégories élémentaires. Sous forme de singleton, $\{C_3\}$ apparaît à l'identique dans $\mathcal{P}(S_k)$ et dans $\mathcal{P}(S_l)$, mais en étant combinée à d'autres catégories élémentaires, elle apparaît dans des parties différentes de ces deux répertoires cognitifs : respectivement dans $\{C_1C_3\}$, $\{C_3C_5\}$ et $\{C_1C_3C_5\}$ contenues dans $\mathcal{P}(S_k)$, et dans $\{C_2C_3\}$, $\{C_3C_4\}$ et $\{C_2C_3C_4\}$ contenues dans $\mathcal{P}(S_l)$. Ces deux modes d'apparition nous permettent de rendre compte d'un paradoxe de la communication, qui tient au fait que la communication interindividuelle soit possible bien que chaque acteur individuel accorde des significations idiosyncrasiques à un signe donné. Comme le souligne Le Ny⁷⁰, le constat selon lequel parfois les gens se comprennent et souvent ne se comprennent pas est un fait cognitif majeur. Ce fait nous incite à situer notre conception de la construction du sens entre deux extrêmes : d'une part, celui d'une ligne de recherche qui traite notamment de la compréhension des textes littéraires et souligne avec force le caractère idiosyncrasique de cette construction; d'autre part, celui d'une ligne de recherche focalisée sur le sens des énoncés scientifiques et logiques avec comme souci d'en bannir la subjectivité et l'ambiguïté⁷¹. Dans notre perspective qui porte sur la

⁷⁰ Jean-François Le Ny, *op. cit.*, p. 159.

⁷¹ *Ibid.*, p. 112 *sq.*

communication la plus quotidienne, l'ambiguïté des énoncés de la communication ne saurait être exclusive de leur compréhension partielle par leurs récepteurs : dans notre modèle, les partenaires de la communication se comprennent et ils ne se comprennent pas. Le philosophe Quine illustre ce paradoxe, déjà relevé par Pierre Bourdieu⁷², de la manière suivante :

Je veux communiquer qu'on m'a volé une vieille épée à laquelle j'étais sentimentalement attaché parce que le beau-père de ma mère s'en était servi à la bataille de Gettysburg. Mon interlocuteur, que les musées ennuiant, n'a jamais vu d'épée, ni posé les yeux en connaissance de cause sur le beau-père de quiconque. Jamais ni lui ni moi n'avons assisté à un vol ou une bataille ni, peut-on supposer, visité Gettysburg. Quant aux attachements sentimentaux, on sait à peine par où commencer. Pourtant, sans aucun doute, la communication est établie. On comprend bien pourquoi. Mon interlocuteur connaît le mot « épée » pour l'avoir vu et entendu dans divers contextes et pour l'avoir vu ou entendu expliquer par des mots ou des images. Je connais le mot pour l'avoir vu et entendu dans d'autres contextes et pour l'avoir vu et entendu expliquer d'autres manières, notamment par la présence de l'objet réel. Ces multiples voies d'accès au mot se rejoignent d'un bout à l'autre de la société en un réseau cohérent.⁷³

La solution proposée ici par Quine est exactement celle qu'exprime notre modélisation, à la seule différence que là où Quine dit « mot » nous disons « catégorie » : dans notre exemple, la catégorie mentale formalisée par le singleton $\{C_3\}$ est un *analogon* du mot « épée » utilisé dans l'exemple de Quine. Ce mot, Quine et son interlocuteur doivent tous deux le connaître pour pouvoir communiquer, bien qu'il s'inscrive dans des réseaux sémantiques différents, car historiquement construits dans des contextes différents par chacun d'eux. Il en va exactement ainsi dans notre modèle : la catégorie C_3 , dont la commune présence dans les mémoires des acteurs A_k et A_j est absolument requise pour que ces derniers puissent communiquer à la date (t_0), participe par ailleurs d'un réseau sémantique constitué des combinaisons de catégories $\{C_1C_3\}$, $\{C_3C_5\}$ et $\{C_1C_3C_5\}$ pour A_k , alors qu'elle participe d'un réseau sémantique différent, constitué des combinaisons $\{C_2C_3\}$, $\{C_3C_4\}$ et $\{C_2C_3C_4\}$

⁷² Pierre Bourdieu, *Ce que parler veut dire. L'économie des échanges linguistiques*, Paris, Fayard, 1982, p. 16.

⁷³ Willard-V. Quine, *Quiddités. Dictionnaire philosophique par intermittence*, Paris, Seuil, 1992, p. 37-38.

pour A_j . Résultant des trajectoires passées différentes des acteurs en matière de communication sociale ou de cognition individuelle, cette idiosyncrasie de leurs significations n'empêche pas la communicabilité de messages tels que « C_1C_3 » ou « C_2C_3 » entre ces acteurs. Pour reprendre la distinction entre signification et sens proposée par Le Ny⁷⁴, ces derniers auront alors à construire le sens des énoncés reçus, c'est-à-dire des représentations sémantiques qui ne peuvent exister qu'après avoir été construites. La possibilité même de la communication est donc rendue ici par le singleton $\{C_3\}$, les significations de la catégorie C_3 en tant que signe sont données respectivement par $\{C_1C_3\}$, $\{C_3C_5\}$ et $\{C_1C_3C_5\}$ pour A_k , et par $\{C_2C_3\}$, $\{C_3C_4\}$ et $\{C_2C_3C_4\}$ pour A_j et le sens que prend pour chaque acteur l'énoncé qu'il reçoit s'identifie avec l'assemblage des représentations sémantiques qu'il construit à l'occasion de la communication.

Supposons précisément que la communication s'établisse entre ces deux acteurs et que son contenu soit le suivant : A_k communique le message « C_1C_3 » à A_j qui lui communique simultanément le message « C_2C_3 ». L'état du réseau à la date suivante (t_1) est alors représenté par :

	C_1	C_2	C_3^2	C_4	C_5
A_k	1	1	1	0	1
A_j	1	1	1	1	0

Plaçons-nous provisoirement dans une perspective shannonienne de la communication, où celle-ci obéirait à des lois additives, et non combinatoires. Cette perspective reviendrait ici à se contenter de décrire l'état du réseau par la matrice ci-dessus. En particulier, à chaque date (t) les répertoires cognitifs respectifs des acteurs A_k et A_j se réduiraient respectivement à $S_k(t)$ et $S_j(t)$, et la mémoire globale du réseau à $G = \cup_i S_i(t)$. Le tableau 1 illustre que cette perspective déboucherait sur des résultats très différents de ceux que nous attendrions d'un processus auto-organisateur : la complexité structurale du réseau serait ici inchangée de t_0 à t_1 , alors que sa redondance serait croissante, et bien que chaque répertoire cognitif individuel ait gagné 1 bit d'information entre

⁷⁴ Jean-François Le Ny, *op. cit.*, p. 104.

ces deux dates, aucune nouvelle colonne n'apparaîtrait dans la mémoire globale du réseau. Dans cette dernière, la catégorie C_3 , à présent davantage ancrée, serait simplement mieux partagée par les acteurs individuels en t_1 qu'elle ne l'était en t_0 . Nous serions donc en présence d'un stock donné d'information initiale qui se serait simplement mieux diffusé parmi les acteurs, sans création nette d'information (la totalité de l'accroissement de H_{max} étant absorbée par l'augmentation de la redondance R du réseau). Corrélativement, l'apprentissage réalisé par les acteurs serait indifférent à la dimension sémantique des messages. En effet, l'absence de signification des représentations se marque ici par le fait que les catégories C_1 et C_2 , nouvellement apprises par A_1 et A_2 , s'insèrent respectivement dans $S_1(t_1)$ et $S_2(t_1)$ de manière parfaitement identique à leur insertion préalable dans $S_1(t_0)$ et $S_2(t_0)$: en venant simplement s'empiler sur les précédentes à la manière dont s'empileraient des pièces de monnaie, ce qui signe le caractère additif des lois gouvernant ici l'information.

Tableau 1. Résultats d'une vision shannonienne de la communication

Répertoires cognitifs, mémoire globale, complexité structurale (H) et redondance (R) en t_0	Répertoires cognitifs, mémoire globale, complexité structurale (H) et redondance (R) en t_1	Gains d'information entre t_0 et t_1 Évolution de la complexité structurale et de la redondance
$S_k(t_0) = \{C_1, C_3, C_5\}$; $K = 3$	$S_k(t_1) = \{C_1, C_2, C_3, C_5\}$; $K = 4$	+ 1 bit
$S_l(t_0) = \{C_2, C_3, C_4\}$; $L = 3$	$S_l(t_1) = \{C_1, C_2, C_3, C_4\}$; $L = 4$	+ 1 bit
$G(t_0) = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$	$G(t_1) = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$	$|G|$ inchangée (au renforcement de C_3 en C_3^2 près) de t_0 à t_1
$H_{max}(t_0) = 6$ bits	$H_{max}(t_1) = 8$ bits	—
$H(t_0) = 5$ bits	$H(t_1) = 5$ bits	—
$R(t_0) = 16, 66\%$	$R(t_1) = 37, 5\%$	+ 20, 84%

Abandonnons donc cette perspective pour adopter la vision batesonienne de la communication, où l'information et l'apprentissage obéissent à des lois combinatoires, et non additives. À la date (t_i) :

$$S_k = \{C_1, C_2, C_3^2, C_5\} ; |S_k| = 4$$

$$\mathcal{P}(S_k) = \{\{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3^2\}, \{C_5\}, \{C_1C_2\}, \{C_1C_3^2\}, \{C_1C_5\}, \\ \{C_2C_3^2\}, \{C_2C_5\}, \{C_3^2C_5\}, \{C_1C_2C_3^2\}, \{C_1C_2C_5\}, \{C_1C_3^2C_5\}, \{C_2C_3^2C_5\}, \\ \{C_1C_2C_3^2C_5\}\} ; |\mathcal{P}(S_k)| = 16$$

$$S_l = \{C_1, C_2, C_3^2, C_4\} ; |S_l| = 4$$

$$\mathcal{P}(S_l) = \{\{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3^2\}, \{C_4\}, \{C_1C_2\}, \{C_1C_3^2\}, \{C_1C_4\}, \\ \{C_2C_3^2\}, \{C_2C_4\}, \{C_3^2C_4\}, \{C_1C_2C_3^2\}, \{C_1C_2C_4\}, \{C_1C_3^2C_4\}, \{C_2C_3^2C_4\}, \\ \{C_1C_2C_3^2C_4\}\} ; |\mathcal{P}(S_l)| = 16$$

$$S_c = \{C_1, C_2, C_3^2\} ; |S_c| = 3$$

$$\mathcal{P}(S_c) = \{\{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3^2\}, \{C_1C_2\}, \{C_1C_3^2\}, \{C_2C_3^2\}, \\ \{C_1C_2C_3^2\}\}$$

$$\Gamma = \{\{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3^2\}, \{C_4\}, \{C_5\}, \{C_1C_2\}, \{C_1C_3^2\}, \{C_1C_4\}, \\ \{C_2C_3^2\}, \{C_2C_4\}, \{C_3^2C_4\}, \{C_1C_5\}, \{C_2C_5\}, \{C_3^2C_5\}, \{C_1C_2C_3^2\}, \\ \{C_1C_2C_4\}, \{C_1C_3^2C_4\}, \{C_2C_3^2C_4\}, \{C_1C_2C_5\}, \{C_1C_3^2C_5\}, \{C_2C_3^2C_5\}, \\ \{C_1C_2C_3^2C_4\}, \{C_1C_2C_3^2C_5\}\} ; |\Gamma| = 24$$

De sorte que nous obtenons le tableau suivant :

Tableau 2. Résultats d'une vision Batesonienne de la communication

Répertoires cognitifs, mémoire globale, complexité structurale (H) et redondance (R) en t_0	Répertoires cognitifs, mémoire globale, complexité structurale (H) et redondance (R) en t_1	Gains d'information entre t_0 et t_1 Évolution de la complexité structurale et de la redondance
$|\mathcal{P}S_k(t_0)| = 8$	$|\mathcal{P}S_k(t_1)| = 16$	+ 8 bits
$|\mathcal{P}S_l(t_0)| = 8$	$|\mathcal{P}S_l(t_1)| = 16$	+ 8 bits
$H_{\max}(t_0) = 16$ bits	$H_{\max}(t_1) = 32$ bits	+ 10 colonnes (avec un renforcement de C_3 en C_3^2 dans les colonnes correspondant aux parties la contenant)
$|\Gamma(t_0)| = H(t_0) = 14$	$|\Gamma(t_1)| = H(t_1) = 24$	
$H(t_0) = 14$ bits	$H(t_1) = 24$ bits	+ 10 bits
$R(t_0) = 12, 5\%$	$R(t_1) = 25\%$	+ 12, 5%

Il apparaît ici que l'accroissement de H_{\max} entre (t_0) et (t_1), égal à 16 bits, s'est réparti entre la complexité structurale du réseau et la redondance de ce dernier. Le taux de production d'information, mesuré par $\gamma = [H(t_1) - H(t_0)] / H(t_0)^{75}$. Notons que $\mathcal{P}(S_j)(t_1) = \mathcal{P}(S_k)(t_1) \cap \mathcal{P}(S_l)(t_1)$, correspondant à la redondance du réseau en (t_1), contient certaines parties totalement inédites : $\{C_3^2\}$, $\{C_1C_2\}$, $\{C_1C_3^2\}$, $\{C_2C_3^2\}$ et $\{C_1C_2C_3\}$ ne figuraient ni dans $\mathcal{P}(S_k)(t_0)$ ni dans $\mathcal{P}(S_l)(t_0)$. La première est venue se substituer à $\{C_3\}$ simultanément dans $\mathcal{P}(S_k)$ et $\mathcal{P}(S_l)$ – donc aussi dans $\mathcal{P}(S_j)$ – selon le processus de renforcement de l'ancrage des représentations évoqué plus haut. Mais le fait que quatre suivantes figurent à présent dans $\mathcal{P}(S_j)$, alors qu'elles ne figuraient auparavant ni dans $\mathcal{P}(S_k)$ ni dans $\mathcal{P}(S_l)$, signifie qu'à la date (t_1) tous les acteurs ont

⁷⁵ Sur l'importance de ce concept, en ce qui concerne l'analyse de la complexité fonctionnelle (et non uniquement structurale) des systèmes organisés, ainsi envisagés dans une perspective dynamique (et non uniquement statique), voir Henri Atlan, *L'Organisation biologique... op. cit.*, 1972, p. 210-213.

construit des représentations qu'aucune mémoire individuelle ne contenait en (t_0) .

En d'autres termes, nous sommes ici en présence d'un phénomène d'émergence de représentations pleinement (car immédiatement) collectives⁷⁶. Un tel phénomène signe le caractère auto-organisé de notre réseau par l'apparition d'une qualité émergente à son niveau propre, distincte des qualités de ses éléments, ce pourquoi nous qualifions ce réseau de complexe. En outre, les catégories C_1 et C_2 trouvent à la date (t_1) un ancrage plus profond dans ce type de représentations partagées et combinées à C_3 dans $\{C_1C_3\}$ et $\{C_2C_3\}$ qu'en étant idiosyncrasiques et combinées à C_3 – telles $\{C_1C_3\} \subset \mathcal{P}(S_k)$ et $\{C_2C_3\} \subset \mathcal{P}(S_l)$ à la date (t_0) . L'émergence de représentations collectives de ce type s'accompagne donc toujours d'une augmentation du degré d'ancrage des combinaisons de catégories élémentaires correspondantes par rapport à celui que ces combinaisons connaissaient lorsqu'elles étaient idiosyncrasiques. Ce phénomène tient évidemment au fait que ces représentations collectives comportent nécessairement la (ou les) catégorie(s) initialement partagée(s) faisant office du langage commun mobilisé par la communication, et dont le coefficient q se trouve *ipso facto* augmenté d'une unité. Parmi l'ensemble des représentations des acteurs, la prégnance supplémentaire des représentations collectives ainsi acquises est davantage confortée encore par l'émergence simultanée de combinaisons partagées telles que $\{C_1C_2C_3\}$. De par leur mode même de construction, ces représentations pèsent toujours davantage que les représentations idiosyncrasiques correspondantes préalables dans les mémoires des acteurs, et leur formation constitue ainsi le support cognitif de la genèse de conventions ou de consensus en tant que structures collectives engendrées par la composition d'actions individuelles⁷⁷. Enfin, notons que chacun des messages échangés ici entre A_k et A_l contient deux catégories élémentaires. L'une (C_3) permet à chaque récepteur de reconnaître un signe dans le message qui lui parvient, de sorte que la communication peut

⁷⁶ Une autre partie de cette création nette d'information, telle $\{C_2C_3\}$ ou $\{C_1C_3\}$ par exemple, se traduit également au niveau global, mais elle reste purement idiosyncrasique en s'inscrivant dans les répertoires cognitifs respectifs de A_k (mais non de A_l) et de A_l (mais non de A_k) à la date (t_1) .

⁷⁷ Bernard Ancori, « Réseau complexe... », *op. cit.*, 2005.

s'établir. L'autre (respectivement C_1 pour A_1 et C_2 pour A_2) permet à chaque récepteur d'apprendre à l'occasion de cette communication établie. La présence de ce second type de catégories dans un message reçu confère à la communication concernée un caractère informatif, et sa nécessaire liaison avec le premier type de catégories dans ce même message nous permet de vérifier le vieil adage d'origine platonicienne selon lequel connaître est toujours d'abord reconnaître.

Le modèle d'auto-organisation proposé ici diffère de celui d'Atlan en ce qui concerne l'évolution de la complexité structurale et de la redondance de leurs objets respectifs. Dans le modèle d'Atlan, ces deux variables duales évoluent toujours en sens inverses l'une de l'autre, alors que dans le nôtre elles peuvent évoluer dans le même sens – comme dans l'exemple ci-dessus. Dans notre modèle, tel est généralement le cas lorsque le seul moteur de l'évolution du réseau est la communication dyadique. Pour expliciter cette différence, considérons l'équation obtenue dans le modèle d'Atlan en dérivant $H = H_{max} (1 - R)$ par rapport au temps :

$$dH/dt = dH_{max}/dt (1-R) - H_{max} (dR/dt)$$

où $H_{max} > 0$, $H > 0$ et $0 \leq R < 1$. Dans cette équation, le signe de dH/dt dépend de la comparaison des valeurs de $dH_{max}/dt (1 - R)$ et de $-H_{max} (dR/dt)$. Atlan pose que $dR/dt < 0$ et que $dH_{max}/dt < 0$, de sorte que $-H_{max} (dR/dt) > 0$ et $dH_{max}/dt (1 - R) < 0$. Dans ces conditions, si la valeur absolue de $dH_{max}/dt (1 - R)$ est inférieure à $-H_{max} (dR/dt)$, le résultat net sera que $dH/dt > 0$. Le système est alors dit « auto-organisateur » : sa complexité structurale (mesurée par H) s'accroît sous l'effet du bruit. Étant donné que $dR/dt < 0$, c'est par destruction de redondance (c'est-à-dire par différenciation croissante) que la quantité d'information contenue dans le système augmente, et ceci dans le cadre d'un système dont la quantité d'information maximale est supposée diminuer avec le temps ($dH_{max}/dt < 0$).

Une image empruntée à Atlan⁷⁸ permet de mieux comprendre ce phénomène. Imaginons une librairie dont certains ouvrages renvoient, par un jeu de citations, à d'autres ouvrages également présents dans la librairie : ces citations expriment la redondance R du système de livres que constitue cette librairie, H la quantité d'information contenue dans ce système et H_{max} la quantité d'information qu'il contiendrait si aucun ouvrage n'y renvoyait à aucun autre ($R = 0$). Survient un incendie qui détruit certains livres. Pour que cette librairie soit un système auto-organisateur, il faut que cet incendie détruise plutôt les citations reliant certains livres que leurs parties indépendantes – $|dH_{max}/dt (1 - R)| < -H_{max} (dR/dt)$ – et que certains livres soient entièrement brûlés ($dH_{max}/dt < 0$).

Bien que notre modèle fasse intervenir un temps discret, et non un temps continu comme celui d'Atlan, nous pouvons reprendre le même type d'image pour comprendre leur différence. Considérons la même librairie, mais au lieu d'identifier le « bruit organisationnel » à un incendie, identifions-le à un écrivain qui ajoute un nouvel ouvrage qu'il vient de terminer à ceux déjà existant dans la librairie, et dans lequel il cite certains de ces derniers. Avec le formalisme d'Atlan, nous aurions ici simultanément $dH_{max}/dt > 0$ (il y a un livre en plus) et $dR/dt > 0$ (ce livre contient des citations de livres déjà présents dans la librairie). Avec des valeurs initiales appropriées de H_{max} et H (donc de R), nous obtiendrions ainsi $dH/dt > 0$ sur la base de mécanismes exactement inverses de ceux du modèle d'Atlan. Car pour obtenir ce résultat, il suffirait ici que $dH_{max}/dt (1 - R) > |-H_{max} (dR/dt)|$, et non $|dH_{max}/dt (1 - R)| < -H_{max} (dR/dt)$, comme dans le modèle d'Atlan. Or, tel est le cas dans notre modèle dès lors que les volumes d'information émis et reçus par les partenaires de la communication sont non nuls. La quantité d'information H correspond ici à l'union d'ensembles qui formalisent la notion de mémoires individuelles, et elle s'identifie à H_{max} lorsque ces ensembles sont totalement disjoints (corrélativement $R = 0$). La redondance R correspond à l'intersection de ces mêmes ensembles dont l'union et l'intersection croissent simultanément, mais ceci de telle sorte

⁷⁸ Henri Atlan, « Les échanges de savoir : la bibliothèque comme métaphore d'organisation biologique », *Le genre humain*, n° 33, *Interdisciplinarités*, Paris, Seuil, 1998, p. 197-204.

que la croissance de l'intersection est toujours contenue dans celle de l'union, sauf en un point qui constitue la limite absolue de la trajectoire du réseau : en ce point, l'union et l'intersection des ensembles représentatifs des mémoires individuelles sont parfaitement identiques entre elles et identiques à ces ensembles eux-mêmes.

Précisons ce point en contrastant les processus menant respectivement le système atlanien et notre réseau à cesser d'évoluer. Sous sa très grande généralité apparente, le modèle d'Atlan est en réalité largement construit afin de rendre compte des capacités auto-organisatrices des systèmes biologiques. Pour ces derniers, cesser d'évoluer signifie mourir, et le processus qui les conduit à la mort peut être résumé de la manière suivante. Après une première période, dite de « fiabilité » du système, durant laquelle dH/dt est positive dans les conditions résumées ci-dessus, le processus s'inverse : après avoir atteint un maximum (où $dH/dt = 0$), la trajectoire du système est telle que dH/dt devient négative sous les effets du bruit, et H ne cesse ensuite de décroître de manière monotone. En somme, lorsque le système a épuisé les réserves de redondance qu'il pouvait transformer en information, il entame une trajectoire qui le conduit à contenir toujours moins d'information jusqu'à ce qu'il finisse par mourir. En un sens, il en irait de même pour notre réseau sociocognitif si son évolution était commandée par la seule communication sociale, dont nous savons qu'elle crée de l'information en actualisant certaines combinaisons de catégories mentales. Ces combinaisons sont virtuellement présentes dans chaque état du réseau, où elles représentent les éléments de l'ensemble $\mathcal{P}C_j$, qui ne figurent pas dans le sous-ensemble $\cup_i \mathcal{P}(S_i)$. En réalité, la différence $\mathcal{P}C_j \setminus \cup_i \mathcal{P}(S_i)$ représente un « réservoir » de $|\mathcal{P}C_j| - |\Gamma|(t)$ éléments qui sont autant de combinaisons virtuelles de catégories élémentaires prêtes à être actualisées par la communication. De même qu'un système atlanien épuise ses réserves de redondance pour fabriquer de l'information, notre réseau épuise progressivement ce réservoir à l'occasion de chaque communication informative pour au moins un acteur. Ce processus se poursuit jusqu'à une limite telle que $\cup_i \mathcal{P}(S_i) \equiv \mathcal{P}C_j$: lorsque cette limite est atteinte, toutes les combinaisons possibles de catégories élémentaires existant dans le réseau ont été actualisées, de sorte que le réseau atteint un équilibre informationnel, tel que tous les répertoires cognitifs des acteurs sont strictement identiques, et identiques également

à la mémoire globale du réseau. Nous avons alors $\mathcal{P}(S_k) \equiv \mathcal{P}(S_j) \equiv \cup_i \mathcal{P}(S_i) \equiv \cap_i \mathcal{P}(S_i), \forall k, j$, et cet équilibre est tel que $H = 2^k = 2^l = 2^c = 2^n$, $H_{max} = m H = m 2^n$, et $R = 1 - (1/m)^{79}$.

Illustrons ces données générales par l'exemple déjà utilisé plus haut. Considérons à nouveau l'état du réseau à la date (t_1) :

	C_1	C_2	C_3^2	C_4	C_5
A_k	1	1	1	0	1
A_l	1	1	1	1	0

Dans cet état du réseau, nous savons que $H_{max} = 32 \text{ bits}$, $H = 24 \text{ bits}$, de sorte que $R = 25 \%$:

$$\mathcal{P}(S_k) (t_1) = \{ \{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3^2\}, \{C_5\}, \{C_1C_2\}, \{C_1C_3^2\}, \{C_1C_5\}, \{C_2C_3^2\}, \{C_2C_5\}, \{C_3^2C_5\}, \{C_1C_2C_3^2\}, \{C_1C_2C_5\}, \{C_1C_3^2C_5\}, \{C_2C_3^2C_5\}, \{C_1C_2C_3^2C_5\} \}$$

$$\mathcal{P}(S_l) (t_1) = \{ \{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3^2\}, \{C_4\}, \{C_1C_2\}, \{C_1C_3^2\}, \{C_1C_4\}, \{C_2C_3^2\}, \{C_2C_4\}, \{C_3^2C_4\}, \{C_1C_2C_3^2\}, \{C_1C_2C_4\}, \{C_1C_3^2C_4\}, \{C_2C_3^2C_4\}, \{C_1C_2C_3^2C_4\} \}$$

$$\mathcal{P}(S_c) (t_1) = \cap_i \mathcal{P}(S_i) (t_1) = \{ \{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3^2\}, \{C_1C_2\}, \{C_1C_3^2\}, \{C_2C_3^2\}, \{C_1C_2C_3^2\} \}$$

$$\Gamma (t_1) = \cup_i \mathcal{P}(S_i) (t_1) = \{ \{\emptyset\}, \{C_1\}, \{C_2\}, \{C_3^2\}, \{C_4\}, \{C_5\}, \{C_1C_2\}, \{C_1C_3^2\}, \{C_1C_4\}, \{C_1C_5\}, \{C_2C_3^2\}, \{C_2C_4\}, \{C_2C_5\}, \{C_3^2C_4\}, \{C_3^2C_5\}, \{C_1C_2C_3^2\}, \{C_1C_2C_4\}, \{C_1C_2C_5\}, \{C_1C_3^2C_4\}, \{C_1C_3^2C_5\}, \{C_2C_3^2C_4\}, \{C_2C_3^2C_5\}, \{C_1C_2C_3^2C_4\}, \{C_1C_2C_3^2C_5\} \}$$

⁷⁹ R tend donc vers l'unité lorsque le nombre m d'acteurs individuels tend vers l'infini. Or, par hypothèse notre réseau comporte toujours un nombre fini d'acteurs individuels, et sa redondance est donc toujours strictement inférieure à l'unité.

$$\mathcal{P}C_1^q \setminus \cup_i \mathcal{P}(S_i) (t_1) = \{\{C_4C_5\}, \{C_4C_5C_1\}, \{C_4C_5C_2\}, \{C_4C_5C_3^2\}, \{C_4C_5C_1C_2\}, \{C_4C_5C_1C_3^2\}, \{C_4C_5C_2C_3^2\}, \{C_4C_5C_1C_2C_3^2\}\}$$

Le réservoir de combinaisons non encore actualisées contient ici un nombre d'éléments égal à $|\mathcal{P}C_1^q| - |\Gamma| (t_1)$, c'est-à-dire 8 éléments dont chacun comporte une combinaison des deux seules catégories élémentaires C_4 et C_5 qui, dans cet état du réseau, restent idiosyncrasiques. L'équilibre informationnel décrit plus haut sera atteint dès lors que ces deux catégories élémentaires seront partagées à l'issue de communications entre A_k et A_l . Selon les contenus précis des messages échangés par ces derniers à ces occasions, ce processus de convergence vers l'équilibre informationnel peut être plus ou moins long. Supposons, pour simplifier, qu'il ne prenne qu'une période. Tel est, par exemple, le cas si à la date (t_1) , A_k adresse le message « $C_3^2C_5$ » à A_l qui lui adresse simultanément le message « $C_3^2C_4$ ». À la date (t_2) , l'état du réseau est alors le suivant :

	C_1	C_2	C_3^3	C_4	C_5
A_k	1	1	1	1	1
A_l	1	1	1	1	1

Dans cet état du réseau, $H_{max} = 64$ bits, $H = 32$ bits et $R = 50\%$. Toutes les combinaisons possibles de catégories psychologiques existantes se trouvent à présent actualisées, de sorte que $\mathcal{P}C_1^q \setminus \cup_i \mathcal{P}(S_i) (t_2) \equiv \emptyset$.

À la différence de la mort des individus biologiques, l'équilibre informationnel ainsi analysé et illustré n'a cependant rien d'inéluctable. De fait, le processus qui y mène repose sur des hypothèses extrêmement fortes, selon lesquelles les nombres m d'acteurs individuels et n de catégories mentales seraient donnés une fois pour toutes. Or, nous n'avons aucune raison de maintenir de telles hypothèses, de sorte qu'éviter la mort du réseau signifie simplement transformer ces constantes en variables. Il existe alors au moins trois moyens de différer indéfiniment l'équilibre informationnel de ce dernier.

Le premier consiste à transformer la constante m en une variable, en introduisant des générations successives d'acteurs individuels dans le réseau. L'impact net d'une telle introduction sur le volume et la

répartition des catégories idiosyncrasiques et partagées est alors déterminé par les taux de natalité et de mortalité des acteurs, ainsi que par les volumes et les répartitions respectifs des catégories idiosyncrasiques et partagées parmi les entrants et les sortants. Or, il existe nécessairement certaines classes de valeurs de ces quatre variables qui sont telles que le produit de leurs jeux combinés résulte en une augmentation nette du nombre de catégories idiosyncrasiques dans le réseau. Et chacune de ces catégories ouvre de nouvelles potentialités combinatoires à ce dernier, dont l'équilibre informationnel se voit ainsi différé d'autant. Une extension intéressante de notre modèle consisterait donc à déterminer formellement ces classes de valeurs, puis à examiner les conditions démographiques et sociopsychologiques dans lesquelles elles se trouveraient réalisées.

Les deux autres mécanismes propres à différer indéfiniment l'équilibre informationnel du réseau consistent à transformer la constante n en une variable. Ces mécanismes n'ont pas la même portée ni la même profondeur. Examinons-les successivement. Le premier est le raffinement de catégories élémentaires évoqué plus haut. Nous savons que tout raffinement de ce type substitue au moins deux catégories élémentaires idiosyncrasiques à une seule lorsqu'il est effectué par un acteur individuel, et ajoute ainsi au moins deux colonnes à la matrice $[a_{ij}]$ (t). Voyons-le sur notre exemple, en supposant qu'à la date (t_0) l'acteur A_k raffine la catégorie C_1 en $C_{1,1}$ et $C_{1,2}$ au lieu de communiquer avec A_j . L'état du réseau à la date (t_1) est alors le suivant :

	C_1^2	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	C_2	C_3	C_4	C_5
A_k	1	1	1	0	1	0	1
A_j	0	0	0	1	1	1	0

Bien entendu, la catégorie C_1 n'a pas disparu du répertoire cognitif de A_k , mais elle a subi simultanément deux types de transformations. D'abord, son raffinement par A_k a débouché sur l'introduction des sous-catégories $C_{1,1}$ et $C_{1,2}$, devenues *ipso facto* des catégories élémentaires dans S_k (t_1). Ensuite, cette catégorie s'est transformée en C_1^2 , car elle a été activée une seconde fois dans $\mathcal{P}(S_k)$. Enfin, toutes choses égales par ailleurs la propension à communiquer entre A_k et A_j consécutive à ce

raffinement est inférieure à celle que l'on aurait obtenue si ces acteurs avaient au contraire communiqué : le raffinement augmente le dénominateur du rapport qui mesure $p_{kl}(t)$ sans modifier son numérateur, alors que la communication augmente le numérateur de ce même rapport sans modifier son dénominateur. Ainsi dans notre exemple, dans l'état initial du réseau $p_{kl}(t_0) = 1/5$, et la communication entre A_k et A_l dans les conditions analysées plus haut aboutissait à tripler cette propension à communiquer : $p_{kl}(t_1) = 3/5$. En revanche, si le raffinement décrit à l'instant prenait la place de cette communication dans la période $[t_0, t_1]$, nous obtiendrions $p_{kl}(t_1) = 1/7$.

Alors que la communication établie renforce les propensions à communiquer initiales entre acteurs, le raffinement individuel de catégories existantes affaiblit ces mêmes propensions. La substitution d'un tel processus à la communication interindividuelle a également pour résultats : *i*) d'augmenter considérablement le volume de la mémoire du réseau (+ 24 bits au lieu de + 10 bits); *ii*) de diminuer considérablement la redondance du réseau au lieu de l'augmenter (de 12,5 % à 5 % au lieu de 25 %); *iii*) de répartir de manière beaucoup plus inégalitaire le volume de la mémoire globale du réseau entre les acteurs (le répertoire cognitif de A_k a quadruplé, tandis que celui de A_l est resté inchangé, au lieu que ces deux répertoires aient identiquement doublé de volume). Enfin, pour ce qui nous concerne directement ici, cette substitution d'un processus individuel de raffinement d'une catégorie existante à une communication entre deux acteurs a également pour résultat de venir considérablement abonder le réservoir de combinaisons de catégories élémentaires non encore actualisées dans la mémoire globale du réseau. Avec la communication établie en (t_0) entre A_k et A_l dans les conditions décrites ci-dessus, contenait 8 éléments à la date (t_1) . Mais si le raffinement décrit ci-dessus prenait la place de cette communication durant la même période, nous aurions $|\mathcal{P}(C_{ij})|(t_1) = 2^7 = 128$ et $|\cup_i \mathcal{P}(S_i)|(t_1) = 38$, de sorte que ce réservoir contiendrait 90 éléments à la date (t_1) . Alors que cette communication réduisait le volume de ce réservoir de 10 unités entre (t_0) et (t_1) , ce raffinement augmenterait ce volume de 72 unités durant cette même période. C'est pourquoi le raffinement de catégories élémentaires est de nature à différer indéfiniment la survenue de l'équilibre informationnel décrit plus haut.

Tableau 3. Résultats du raffinement d'une catégorie élémentaire en deux sous-catégories par un acteur individuel

Répertoires cognitifs, mémoire globale, complexité structurale (H) et redondance (R) en t_0	Répertoires cognitifs, mémoire globale, complexité structurale (H) et redondance (R) en t_1	Gains d'information entre t_0 et t_1 Évolution de la complexité structurale et de la redondance
$|\mathcal{P}S_k(t_0)| = 8$	$|\mathcal{P}S_k(t_1)| = 32$	+ 24 bits
$|\mathcal{P}S_l(t_0)| = 8$	$|\mathcal{P}S_l(t_1)| = 8$	—
$H_{\max}(t_0) = 16$ bits $|\Gamma(t_0)| = Z(t_0) = 14$	$H_{\max}(t_1) = 40$ bits $|\Gamma(t_1)| = Z(t_1) = 38$	+ 24 colonnes dans Γ (avec un renforcement de C_1 en C_1^2 dans les colonnes correspondant aux parties la contenant)
$H(t_0) = 14$ bits	$H(t_1) = 38$ bits	+ 24 bits
$R(t_0) = 12, 5 \%$	$R(t_1) = 5 \%$	- 7,5 %

Il en va de même avec un troisième mécanisme. Comme le précédent, ce dernier revient à transformer la constante n en variable par un processus de cognition individuel, mais son impact peut apparaître moindre d'un point de vue purement formel tout en s'exerçant à un niveau beaucoup plus profond dans l'économie globale du réseau. En réalité, sans ce mécanisme, il n'y aurait aucune explication plausible de l'existence même de ce réseau, car il consiste en la création de nouvelles catégories élémentaires idiosyncrasiques, non pas à partir de celles qui existent déjà en les raffinant, mais à partir des *stimuli* aléatoires provenant de l'environnement naturel de l'acteur individuel. Dans un autre travail, nous avons pu montrer que le ressort de telles créations consistait en la mise en acte d'analogies ou de métaphores, et que cette mise en acte constituait une violation massive de l'une des règles que nous avons héritées de la logique classique d'origine aristotélicienne : celle qui consiste à « affirmer le conséquent » dans la forme de

sylogisme que les logiciens médiévaux ont appelée *Barbara*⁸⁰. Sans revenir ici sur l'argumentation menant à cette conclusion, soulignons deux différences par rapport au mécanisme précédent. La première est que, là où un raffinement de catégories élémentaires existantes par \mathcal{A} , introduit nécessairement au moins deux catégories élémentaires supplémentaires dans $\{S\}$, donc *quadruple* au moins son répertoire cognitif, une création de nouvelles catégories élémentaires par ce même acteur peut très bien se réduire à n'introduire qu'une unité supplémentaire dans $\{S\}$, et se contenter ainsi de doubler son répertoire cognitif. D'un point de vue purement formel, l'impact de ce processus de cognition individuel sur le report de l'équilibre informationnel du réseau peut donc être bien moindre que celui d'un raffinement de catégories élémentaires existantes – et ceci d'autant plus que les volumes des répertoires cognitifs individuels considérés sont importants dans l'état actuel du réseau. D'un autre côté, si un tel mécanisme n'existait pas, il n'existerait aucune catégorie élémentaire à raffiner, et nous serions toujours devant la question posée jadis par R. Ruyer⁸¹ à la théorie de l'information de Shannon : d'où vient l'information ? Nous avons vu en effet que cette théorie était totalement incapable d'expliquer l'existence et la croissance de l'information dont elle se contente d'analyser les conditions optimales de diffusion.

En définitive, le fait que le réseau atteigne ou non son équilibre informationnel dépend de la comparaison entre le taux de socialisation, par le biais de la communication sociale, des catégories idiosyncrasiques existantes dans l'état actuel du réseau, et le taux d'introduction dans cet état du réseau de nouvelles catégories idiosyncrasiques correspondant au renouvellement des générations d'acteurs, au raffinement de catégories existantes ou à la création de nouvelles catégories par la génération d'acteurs actuelle du réseau. Lorsque le premier de ces taux est inférieur ou égal au second, l'équilibre informationnel du réseau est indéfiniment différé, mais lorsqu'il lui est supérieur, le réseau converge vers son équilibre informationnel, cette convergence étant simplement retardée par l'introduction de nouvelles catégories idiosyncrasiques. Dans ce dernier cas, soulignons qu'en l'absence de renouvellement de

⁸⁰ Bernard Ancori, « Analogie, évolution scientifique... », *op. cit.*, 2005.

⁸¹ Raymond Ruyer, *La cybernétique et l'origine de l'information*, Paris, Flammarion, 1954.

la population d'acteurs et de phénomènes d'oubli de la part de ces derniers, cet équilibre est irrévocable dès lors qu'il est atteint. En effet, il est alors tel que tous les acteurs sont strictement identiques, de sorte que chacun est certain de communiquer avec tous les autres. Dans ces conditions, il n'y a plus aucune place pour la dimension extensive de l'apprentissage dans une population consistant en m répliques du même acteur. La seule possibilité subsistant en matière d'apprentissage est celle qui s'inscrit dans la dimension intensive de ce dernier. À chaque période, cet apprentissage intensif vient ancrer d'un degré supplémentaire l'ensemble des catégories élémentaires existant à l'équilibre informationnel du réseau. Il suit que ces dernières ont toutes disparu du niveau conscient de tous les acteurs au bout de la $g^{\text{ème}}$ période au plus tard, et le réseau cesse alors d'être représentable.

I. 5. Communication sociale et évolution la plus probable du réseau

Affinons notre analyse des déterminations et des conséquences de la communication sociale sur le volume et la structure de la mémoire globale de notre réseau. Jusqu'à présent, nous nous sommes contentés de poser : 1) que cette communication avait pour condition nécessaire (mais non suffisante) l'existence d'un langage commun entre les acteurs concernés; 2) qu'elle s'établissait effectivement entre les deux acteurs représentés dans l'exemple de la section précédente, destiné à illustrer le fonctionnement global de notre modèle. Le passage de la proposition 1 à la proposition 2 laisse subsister ici un vide théorique, puisque rien n'autorise à passer directement de la définition d'une condition nécessaire à la réalisation d'un événement à l'affirmation de la réalisation effective de ce même événement. Remplissons ce vide en utilisant le concept de propension à communiquer introduit précédemment. Définissons ainsi l'état initial du réseau de la manière la plus équitable possible, en termes de répartition de sa mémoire globale parmi les répertoires cognitifs individuels, en lui imposant trois contraintes : 1) les volumes d'information individuels doivent être les plus réduits possibles, et $q = 1, \forall j p$ – état initial oblige; 2) chaque acteur doit avoir les mêmes possibilités de communiquer (équité sociale) ; 3) chaque mémoire individuelle doit contenir la même quantité d'information et compter autant de catégories partagées que de catégories idiosyncrasiques (équité cognitive). Les deux premières contraintes impliquent

que le réseau des communications interindividuelles possibles ait la forme d'un circuit, tel que chaque acteur individuel puisse communiquer avec ses deux voisins immédiats grâce à une, et une seule, catégorie élémentaire commune à leurs répertoires cognitifs. Chacun de ces derniers contient donc deux catégories partagées, et la troisième contrainte implique alors que chaque ensemble de catégories élémentaires contienne exactement quatre éléments – deux catégories partagées et deux catégories idiosyncrasiques.

Sous ces conditions, $n = 3m$, et l'état initial (en t_0) du réseau est représenté par une matrice $[a_{ij}](t_0)$ de la forme suivante :

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{m+1}	C_{m+2}	C_{m+3}	C_{m+4}	C_{m+5}	C_{m+6}	C_{m+7}	C_{m+8}	C_{3m-5}	C_{3m-4}	C_{3m-3}	C_{3m-2}	C_{3m-1}	C_{3m}	
A_1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A_{m-2}	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A_{m-1}	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
A_m	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Les m premières colonnes de cette matrice sont celles de catégories partagées, et les $2m$ colonnes suivantes celles de catégories idiosyncrasiques. Les ensembles $S_i(t_0)$ de catégories élémentaires des acteurs sont tels que :

$$\forall i \neq m : S_i(t_0) = \{C_i, C_{i+1}, C_{m+2i-1}, C_{m+2i}\}$$

$$\text{pour } i = m : S_i(t_0) = \{C_i, C_1, C_{m+2i-1}, C_{m+2i}\}$$

Chaque répertoire cognitif individuel $\mathcal{P}S_i(t_0)$ contient ici 2^4 combinaisons de catégories élémentaires. Le volume et la structure de la mémoire globale étant distribués de manière parfaitement équitable, complexité structurale et redondance globale sont réparties en parts égales parmi les acteurs. Remarquons, en particulier, que chaque acteur individuel dispose d'un langage commun avec deux autres acteurs, avec lesquels il peut ainsi entrer directement en communication, mais que ce n'est que par leur intermédiaire qu'il peut communiquer avec les deux autres acteurs. En d'autres termes, le graphe des communications possibles est connexe, mais il n'est pas complet.

Supposons alors que l'évolution du réseau soit uniquement impulsée par la communication sociale. Comme la forme la plus probable de cette dernière est dyadique, l'évolution la plus probable du réseau est déterminée par les seules communications dyadiques qui s'établissent en son sein, et c'est exclusivement ce type d'évolution qui nous intéresse ici. Dans l'état initial de notre réseau, il existe $C_m^2 = m! / [2! (m-2)!]$ couples d'acteurs A_i , et donc autant de communications dyadiques *a priori* possibles. Parmi ces C_m^2 couples d'acteurs, la structure que nous avons imposée à l'état initial du réseau implique que seuls m couples vérifient $p_{ki}(t_0) \neq 0$, et ces m couples ne peuvent tous établir simultanément de communications dyadiques dans chaque état du réseau. En effet, deux arêtes consécutives du graphe non orienté des communications possibles entre acteurs ne peuvent être simultanément activées (telles que la communication possible se réalise effectivement), car cela impliquerait *ipso facto* une communication au moins pseudo triadique et nous sortirions alors de notre cadre d'analyse. Ainsi, avec $m = 3$, une seule communication dyadique peut effectivement s'établir; si $m = 4$ ou $m = 5$, elles sont deux; avec $m = 6$ ou $m = 7$, elles sont trois, etc. Il apparaît ainsi qu'à partir d'un nombre quelconque m d'acteurs, tout ajout d'un acteur supplémentaire au réseau laisse inchangé le nombre de communications dyadiques établies lorsque m est pair, et augmente d'une unité le nombre de telles communications lorsque m est impair. Parmi les m couples pour lesquels la communication est possible, il y en a donc au maximum $m/2$ (avec m pair) ou $[1 + (m - 3)/2]$ (avec m impair) qui établissent effectivement une communication dyadique dans chaque état du réseau.

Convenons ici que m est impair et que les couples établissant effectivement une communication soient les suivants : $(A_1 \text{ et } A_2)$, $(A_3 \text{ et } A_4)$, $(A_5 \text{ et } A_6)$, ..., $(A_{m-2} \text{ et } A_{m-1})$ – le $m^{\text{ième}}$ acteur est donc provisoirement exclu de toute communication. Vu l'état initial du réseau, les propensions à communiquer non nulles entre acteurs sont les suivantes :

$$p_{1,2}(t_0) = p_{2,3}(t_0) = p_{3,4}(t_0) = \dots = p_{m-2,m-1}(t_0) = p_{m-1,m}(t_0) = p_{m,1}(t_0) = 1/m$$

Elles sont donc équiprobables dans le sens classique de ce terme, chacune d'elle ayant une probabilité égale à $1/m$. Parmi ces m

communications équiprobables, $[1 + (m - 3)/2]$ sont effectivement établies entre (t_0) et (t_1) , et ceci selon les propensions initiales :

$$p_{1,2}(t_0) = p_{3,4}(t_0) = \dots = p_{m-2,m-1}(t_0) = 1/7$$

Pour tout couple A_k et A_l , soient $L_k(t) = |S_k|(t)$, $L_l(t) = |S_l|(t)$ et $L_{-kl}(t) = |S_k \cap S_l|(t)$, $\forall k, \forall l, \forall t$. Considérons les deux couples $(A_1, \text{et } A_2)$ et $(A_3, \text{et } A_4)$, étant entendu que l'analyse qui suit vaut pour toute paire de couples d'acteurs établissant une communication. Soient $D = E + F$ et $G = W + Q$, les nombres de catégories élémentaires informatives respectivement échangées entre (t_0) et (t_1) par chacun de ces deux couples lors de leurs communications, E et F étant les nombres de ces catégories émises respectivement par A_2 et A_1 (donc reçues respectivement par A_1 et A_2), et W et Q étant les nombres de catégories respectivement émises par A_4 et A_3 (donc reçues respectivement par A_3 et A_4) durant cette période. À la date (t_1) , nous aurons donc en ce qui concerne le couple $(A_1, \text{et } A_2)$:

$$p_{1,2}(t_1) = L_{12}(t_1) / [L_1(t_1) + L_2(t_1) - L_{12}(t_1)]$$

avec

$$L_{12}(t_1) = L_{12}(t_0) + D$$

$$L_1(t_1) = L_1(t_0) + E$$

$$L_2(t_1) = L_2(t_0) + F$$

d'où

$$p_{1,2}(t_1) = (L_{12}(t_0) + D) / (L_1(t_0) + L_2(t_0) + E + F - [L_{12}(t_0) + D])$$

donc

$$p_{1,2}(t_1) = [L_{12}(t_0) + D] / [L_1(t_0) + L_2(t_0) - L_{12}(t_0)] = (1 + D)/7$$

d'où

$$p_{1,2}(t_1) \geq p_{1,2}(t_0)$$

et il en va évidemment de même pour le couple $(A_3, \text{ et } A_4)$:

$$p_{3,4}(t_1) = [L_{34}(t_0) + G] / [L_3(t_0) + L_4(t_0) - L_{34}(t_0)] = (1 + G) / 7$$

$$p_{3,4}(t_1) \geq p_{3,4}(t_0)$$

Toute communication établie accroît la propension à communiquer entre ses participants dès lors qu'elle est informative pour au moins l'un d'eux : dès que E ou F est non nul, D est non nul, et il en va de même pour W ou Q , ainsi que pour G . Plus généralement, pour que le réseau change d'état (et donc de date), il suffit qu'au moins une communication établie en son sein ne soit pas totalement vide d'information pour au moins l'un de ses acteurs. Or, dans l'état initial du réseau tel que spécifié plus haut, chaque acteur ne peut émettre qu'un message comportant au moins une combinaison de catégories élémentaires parmi les 16 que contient alors sa mémoire individuelle. Pour chaque couple d'acteurs pour lesquels la communication est possible, il existe donc 256 types de communications possibles, parmi lesquelles 4 seulement ne sont pas informatives au sens strict : d'une part, les trois communications contenant la combinaison déjà simultanément connues des deux acteurs concernés, qui sont non totalement vides d'information car elles impliquent un apprentissage intensif chez leur(s) récepteur(s), mais qui sont non informatives au sens strict donné ici à ce terme, de sorte que leur réception éventuelle laisserait inchangée la propension à communiquer des acteurs considérés; d'autre part, la « communication » réduite à un échange simultané de l'ensemble vide entre ses acteurs, qui est à l'évidence totalement vide d'information et dont la réalisation laisserait inchangé l'état actuel du réseau. Toute communication établie dans l'état initial du réseau a donc une probabilité de $252/256 \approx 99\%$ d'être informative au sens strict et d'accroître ainsi la propension à communiquer de ses protagonistes. Dans l'état initial du réseau, les singularités individuelles des acteurs sont telles que quasiment toute communication établie parmi eux est informative pour au moins l'un d'entre eux. Il suit que le seul fait que deux ou plusieurs acteurs donnés entrent actuellement en communication augmente leur propension à communiquer à la période suivante.

Quant au couple (A_2 et A_3) qui aurait pu communiquer entre (t_0) et (t_1), mais ne l'a pas fait parce que chacun de ses membres a alors communiqué avec un tiers différent :

$$p_{2,3}(t_0) = [L_{23}(t_0)] / [L_2(t_0) + L_3(t_0) - L_{23}(t_0)]$$

et

$$p_{23}(t_0) = p_{12}(t_0) = 1/7$$

or,

$$p_{2,3}(t_1) = L_{23}(t_1) / [L_2(t_1) + L_3(t_1) - L_{23}(t_1)]$$

avec

$$L_{23}(t_1) = L_{23}(t_0)$$

$$L_2(t_1) = L_2(t_0) + F$$

$$L_3(t_1) = L_3(t_0) + W$$

d'où

$$p_{2,3}(t_1) = L_{23}(t_0) / [L_2(t_0) + L_3(t_0) - (L_{23}(t_0) + F + W)] = 1/(7 + F + W)$$

donc

$$p_{2,3}(t_1) < p_{2,3}(t_0)$$

dès lors que F ou $W \neq 0$. Par un seul et même processus, la communication établie accroît la propension à communiquer entre ses participants (tels A_1 et A_2), et diminue simultanément la propension à communiquer entre acteurs dont la communication était initialement également probable, mais qui ont communiqué chacun avec un tiers différent (tels A_2 et A_3 , qui ont communiqué respectivement avec A_1 et A_4). Notons que la propension à communiquer de A_2 et A_3 ne diminue entre (t_0) et (t_1) que si A_2 ou A_3 reçoit un message informatif lors de sa

communication avec A_1 ou A_4 durant cette même période. Elle diminue alors d'autant plus que les messages reçus par A_2 et A_3 sont davantage informatifs.

Voyons à présent ce qu'il en est de l'évolution des propensions à communiquer de l'acteur A_m , exclu de toute communication entre (t_0) et (t_1) . Initialement :

$$p_{m-1, m}(t_0) = p_{m, 1}(t_0) = 1/7$$

mais

$$p_{m-1, m}(t_1) = L_{m-1, m}(t_1) / [L_{m-1}(t_1) + L_m(t_1) - L_{m-1, m}(t_1)]$$

avec

$$L_{m-1, m}(t_1) = L_{m-1, m}(t_0)$$

$$L_m(t_1) = L_m(t_0)$$

$$L_{m-1}(t_1) = L_{m-1}(t_0) + M$$

où M est le nombre de catégories élémentaires informatives reçues entre (t_0) et (t_1) par A_{m-1} lors de sa communication avec A_{m-2} . Donc :

$$p_{m-1, m}(t_1) = L_{m-1, m}(t_0) / [L_{m-1}(t_0) + L_m(t_0) - L_{m-1, m}(t_0) + M] = 1/(7 + M)$$

$$p_{m-1, m}(t_1) < p_{m-1, m}(t_0)$$

dès lors que $M \neq 0$. Il en va de même pour l'évolution de $p_{m, 1}$ entre (t_0) et (t_1) . D'après ce qui précède en effet :

$$p_{m, 1}(t_1) = 1/(7 + E)$$

d'où

$$p_{m, 1}(t_1) < p_{m, 1}(t_0)$$

dès lors que $E \neq 0$. Supposons que tous les acteurs aient le même comportement lors de leurs communications, c'est-à-dire qu'ils émettent tous le même nombre de catégories élémentaires informatives à

destination de leurs partenaires respectifs : $E = F = W = Q = M$, de sorte que $D = G$. Dans ces conditions, $M < D$ et $M < G$, et le modèle montre que chaque communication informative accroît en s'établissant la propension à communiquer entre ses participants – donc la probabilité de sa propre réitération aux yeux de l'observateur – et réduit simultanément ces propensions et probabilités en ce qui concerne les communications possibles qui ne se sont pas établies, et ceci d'autant plus que les acteurs concernés par ces dernières ont établi d'autres communications.

L'évolution la plus probable du réseau le mène ainsi vers une agrégation locale/désagrégation globale de l'ensemble des acteurs individuels considérés du point de vue de leurs propensions à communiquer : des amas d'acteurs apparaissent dans le réseau, tels que la communication tend à être de plus en plus probable à l'intérieur de chaque amas, et de moins en moins probable entre acteurs appartenant à des amas différents. À partir d'une situation dans laquelle tous les acteurs sont séparés par la même distance informationnelle, l'établissement d'au moins une communication informative dans le réseau rapproche ainsi certains acteurs de certains autres, et les éloigne simultanément de tous les autres, et ceci d'autant plus que certains de ces derniers se sont rapprochés entre eux. L'existence même de ce processus d'agrégation locale/désagrégation globale constitue un fondement analytique possible du processus de tribalisation du monde décrit par Michel Maffesoli⁸². Quant à son intensité, elle dépend de la valeur informative de chaque communication dyadique, et elle varie notamment avec le fait que certains acteurs peuvent n'être qu'émetteurs d'information lors cette dernière.

Ainsi pour le couple $(A_1 \text{ et } A_2)$:

$$\Delta p_{12}(t_0, t_1) = p_{12}(t_1) - p_{12}(t_0) = D / [L_1(t_0) + L_2(t_0) - L_{12}(t_0)] = (E + F) / [L_1(t_0) + L_2(t_0) - L_{12}(t_0)]$$

$$0 \leq \Delta p_{12}(t_0, t_1) \leq D_{\max} / [L_1(t_0) + L_2(t_0) - L_{12}(t_0)]$$

⁸² Michel Maffesoli, *Le temps des tribus. Le déclin de l'individualisme dans les sociétés de masse*, Paris, Librairie des Méridiens, Klincksieck et Cie, 1988; Michel Maffesoli, *La transfiguration du politique. La tribalisation du monde*, Paris, Grasset & Fasquelle, 1992.

avec $D_{max} = E_{max} + F_{max}$. Ici $D_{max} = 3 + 3 = 6$, de sorte que $0 \leq D p_{12}(t_0, t_1) \leq 6/7$

et il en va de même pour le couple (A_3 et A_4) et, plus généralement, pour tout couple d'acteurs (A_k et A_l) établissant une communication. Il existe alors deux cas extrêmes. Le premier est tel que les communications établies parmi tous les couples d'acteurs sont entièrement vides d'information au sens de la dimension extensive de l'apprentissage : $E = F = G = H = I = J = K = L = M = N = 0$ (où N représente le nombre de catégories élémentaires reçues entre (t_0) et (t_1) par A_{m-2} lors de sa communication avec A_{m-1}). Ces communications prennent alors la forme d'échanges de messages totalement spéculaires (A_1 adressant le message « C_2 » à A_2 qui lui adresse simultanément le même message, A_3 échangeant le message « C_4 » avec A_4 dans les mêmes conditions, etc.). Dans ce cas, $\Delta p_{12}(t_0, t_1) = \Delta p_{34}(t_0, t_1) = \dots = \Delta p_{m-2, m-1}(t_0, t_1) = 0$, de sorte que l'état du réseau à la date (t_1) est représenté par la même matrice que précédemment, à ceci près que toutes les catégories élémentaires C_j figurant dans le réseau en (t_0), et telles que j est pair et $j \neq 3m-1$ sont à présent des catégories C_j^2 . Dans l'autre cas extrême, les communications établies sont telles que les acteurs sont mus par un souci de transparence totale : $D = D_{max}$, $G = G_{max}$, ..., $T = T_{max}$ (où $T = M + N$).

Alors, $\Delta p_{12}(t_0, t_1) = \Delta p_{34}(t_0, t_1) = \dots = \Delta p_{m-2, m-1}(t_0, t_1) = 6/7$, et l'état du réseau à la date (t_1) est représenté par :

	C_1	C_2	C_3	.....	C_m	C_{m+1}^2	C_{m+4}	C_{m+8}	.....	C_{3m-5}^2	.....	C_{3m-3}^2	C_{3m-2}	C_{3m-1}	C_{3m}
A_1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
A_2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
A_3	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
A_4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
.....
A_{m-2}	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A_{m-1}	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A_m	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Comme dans le cas précédent, toutes les catégories élémentaires C_j figurant dans le réseau en (t_0), et telles que j est pair et $j \neq 3m-1$, sont à présent des catégories C_j^2 et sont mieux ancrées que précédemment dans les mémoires des acteurs concernées. Par ailleurs, nous retrouvons ici une forme d'équilibre informationnel analogue à celle que nous avons

observée à la section précédente dans notre exemple de réseau réduit à deux acteurs.

Mais cette forme d'équilibre n'est ici que locale : elle concerne isolément chaque couple d'acteurs (A_1 et A_2), (A_3 et A_4), ..., (A_{m-2} et A_{m-1}) et non l'ensemble des acteurs du réseau considéré globalement. En réalité, chacun de ces couples représente à présent un amas contenant une duplication du même acteur, et $p_{12}(t_1) = p_{34}(t_1) = \dots = p_{m-2, m-1}(t_1) = 1$. Nous serions dès lors tentés de noter respectivement ces acteurs dupliqués A_{12} , A_{34} , ..., $A_{m-2, m-1}$. Mais une telle notation serait abusive car, contrairement à l'équilibre informationnel global analysé à la section précédente, ces équilibres informationnels locaux n'ont rien d'irrévocable. En effet, dans l'état actuel du réseau, les communications certaines au sein de chaque amas ne sont plus réellement des communications dyadiques, car elles ne débouchent que sur des apprentissages intensifs qui ancrent les C_j^y concernées d'un degré supplémentaire dans les mémoires individuelles à chacune de leurs occurrences. S'il subsiste des communications possibles pleinement dyadiques et informatives – c'est-à-dire impliquant la dimension extensive de l'apprentissage – c'est entre acteurs appartenant à des amas successifs de la cascade en boucle que nous présente l'état actuel du réseau : entre A_1 ou A_2 et A_3 ou A_4 , entre A_3 ou A_4 et A_5 ou A_6 , ..., entre A_{m-4} ou A_{m-3} et A_{m-2} ou A_{m-1} , entre A_{m-2} ou A_{m-1} et A_m , entre A_m et A_1 ou A_2 . Or, parmi toutes les communications dyadiques qui restent ainsi possibles en (t_1) , les plus probables font toutes intervenir A_m . En effet, dans cet état du réseau :

$$p_{13} = p_{23} = p_{14} = p_{24} = p_{35} = p_{45} = p_{36} = p_{46} = \dots = p_{m-4, m-2} = p_{m-3, m-2} = p_{m-4, m-1} = p_{m-3, m-1} = 1/13$$

alors que

$$p_{m-2, m} = p_{m-1, m} = p_{m1} = p_{m2} = 1/10$$

Nous savons que chaque communication informative entre les $[1 + (m - 3)/2]$ couples formés par les $m - 1$ premiers acteurs du réseau a réduit, en s'établissant, les probabilités des communications possibles qui ne se sont pas établies entre (t_0) et (t_1) , et ceci d'autant plus que les acteurs concernés par ces dernières ont établi d'autres communications avec des tiers différents. Écarté précédemment de toute communication, A_m est

devenu à présent, pour cette raison même, l'interlocuteur le plus probable (hors de son propre amas) pour chaque autre acteur. En réalité, tout se passe ici comme si l'on ajoutait à la date (t_1) un membre supplémentaire à une population précédemment composée de $m - 1$ acteurs, en dotant ce $m^{ième}$ acteur d'une mémoire comportant quatre catégories élémentaires $C_1, C_m, C_{3m-1}, C_{3m}$, dont les deux premières seraient partagées (respectivement avec A_1 et A_2 et avec A_{m-1} et A_{m-2}) et les deux dernières seraient idiosyncrasiques. Et c'est précisément du fait de cette introduction que les deux équilibres informationnels locaux mentionnés plus haut ne sont pas irrévocables. Pour des raisons déjà données, parmi les quatre communications dyadiques possibles et équiprobables faisant intervenir A_m , une seule peut s'établir à la date (t_1) . Soit $(A_1 \text{ et } A_m)$ le couple ainsi sélectionné. Quel que soit le message alors émis par A_1 , dès lors que celui qu'émet A_m a une valeur informative non nulle (dès lors que C_m, C_{3m-1} ou C_{3m} figure dans son message), l'équilibre informationnel local établi en (t_1) entre A_1 et A_2 se trouve rompu : le renforcement de la catégorie C_1 dans le répertoire cognitif de A_1 , et non dans celui de A_2 est certes sans incidence sur la structure des propensions à communiquer, mais le répertoire cognitif de A_1 contient à présent C_m, C_{3m-1} ou C_{3m} , et non celui de A_2 . Ainsi, même si A_m n'est qu'émetteur d'information (le message émis simultanément par A_1 et reçu par A_m ayant une valeur informative nulle) en adressant par exemple le message « $C_1 C_{3m}$ » à A_1 , l'état du réseau à la date (t_2) est représenté par :

	C_1	C_2	C_3	.....	C_m	C_{m+1}	.....	C_{m+4}	.....	C_{3m-5}	.....	C_{3m-3}	C_{3m-2}	C_{3m-1}	C_{3m}	
A_1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
A_2	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
A_m	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Dans cet état du réseau, $p_{12}(t_2) = 7/8 < 1$, ce qui rend manifeste la rupture de l'équilibre informationnel local qu'avaient atteint A_1 et A_2 dans l'état antérieur du réseau. Toutes choses égales par ailleurs, cette rupture est d'autant plus nette que la valeur informative du message adressé par A_m à A_1 en (t_1) est importante : si ce message était « $C_1 C_{3m-1} C_{3m}$ » au lieu de « $C_1 C_{3m}$ », l'état du réseau à la date (t_2) serait représenté par :

	$C_1 C_1^2 C_2^2 C_3$	$C_m C_{m+1}^2$	C_{m+4}	C_{3m-5}^2	$C_{3m-4}^2 C_{3m-2} C_{3m-1} C_{3m}$
A_1	0 1 1 1 0	0 1 1 1 1 0		0 0	0 0 1 1
A_2	1 0 1 1 0	0 1 1 1 1 0		0 0	0 0 0 0
A_m	1 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0		0 0	0 0 1 1

Nous aurions alors $p_{12}(t_2) = 7/9 < 7/8 < 1$. Et à la limite, si A_m était mû par un souci de transparence totale lors de sa communication en (t_1) avec A_1 , le message qu'il adresserait alors à ce dernier serait « $C_1 C_m C_{3m-1} C_{3m}$ ». Toutes choses égales par ailleurs, l'état du réseau en (t_2) serait représenté par :

	$C_1 C_1^2 C_2^2 C_3$	$C_m C_{m+1}^2$	C_{m+4}	C_{3m-5}^2	$C_{3m-4}^2 C_{3m-2} C_{3m-1} C_{3m}$
A_1	0 1 1 1 0	1 1 1 1 1 0	1 0	0 0 0	0 1 1
A_2	1 0 1 1 0	0 1 1 1 1 0	1 0	0 0 0	0 0 0
A_m	1 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0	0 0 0	0 1 1

Nous aurions alors $p_{12}(t_2) = 7/10 < 7/9 < 7/8 < 1$. La propension à communiquer entre A_1 et A_2 aurait ainsi diminué de presque un tiers entre (t_1) et (t_2) , et l'équilibre informationnel local auparavant établi entre ces deux acteurs serait rompu de manière plus nette encore. Simultanément, une tendance à établir un autre équilibre informationnel local, entre A_1 et A_m cette fois, commencerait à se manifester, car dans cette hypothèse $p_{15}(t_2) = 2/5$. Toutes choses égales par ailleurs, cette tendance serait d'autant plus nette que, au lieu d'être vide d'information, le message adressé par A_1 à A_m en (t_1) serait riche en contenu informatif. À la limite, si A_1 et A_m étaient identiquement mus par un souci de transparence totale lors de leur communication en (t_1) , A_1 adressant le message « $C_1^2 C_2^2 C_3 C_{m+1}^2 C_{m+2} C_{m+3}^2 C_{m+4}$ » à A_m , qui lui adresserait simultanément le message « $C_1 C_m C_{3m-1} C_{3m}$ » comme ci-dessus, l'état du réseau en (t_2) serait représenté par :

	$C_1 C_1^2 C_2^2 C_3$	$C_m C_{m+1}^2$	C_{m+4}	C_{3m-5}^2	$C_{3m-4}^2 C_{3m-2} C_{3m-1} C_{3m}$
A_1	0 1 1 1 0	1 1 1 1 1 0		0 0	0 0 1 1
A_2	1 0 1 1 0	0 1 1 1 1 0		0 0	0 0 0 0
A_m	1 0 0 0 0	1 1 1 1 1 0		0 0	0 0 1 1

Nous aurions alors $p_{12}(t_2) = 7/10 < 1$, et $p_{1m}(t_2) = 1$: l'équilibre informationnel local établi en (t_2) entre A_1 et A_m aurait ainsi détruit et remplacé l'équilibre informationnel local établi en (t_1) entre A_1 et A_2 . Et cet équilibre informationnel pourrait, à son tour, se voir détruit et remplacé par d'autres lors de l'évolution ultérieure la plus probable du réseau, qui à leur tour, etc. Toutes choses égales par ailleurs, le même type de phénomène se produit, quoique plus difficilement, lorsque m est pair. Toutes les communications dyadiques informatives possibles s'établissent certes comme précédemment entre acteurs appartenant à des amas successifs d'une cascade en boucle : entre A_1 ou A_2 et A_3 ou A_4 , A_3 ou A_4 et A_5 ou A_6 , et ainsi de suite jusqu'à A_{m-4} ou A_{m-3} et A_{m-2} ou A_{m-1} , A_{m-2} ou A_{m-1} et A_m , A_m et A_1 ou A_2 . Mais ici les m acteurs ont tous communiqué entre (t_0) et (t_1) au sein chacun de $m/2$ couples, de sorte que les communications dyadiques informatives qui restent possibles en (t_1) ont toutes la même probabilité ($1/13$), inférieure à celle de la communication impliquant le $m^{\text{jème}}$ acteur telle que nous venons de l'analyser avec m impair ($1/10$). En fait, nous retrouvons ainsi exactement le type de situation indéterminée que nous avons imposé à l'état initial de notre réseau, mais transposée ici au niveau de communications entre amas successifs composés chacun de deux acteurs, et non plus à celui d'acteurs individuels à égale distance les uns des autres le long d'un circuit.

Il apparaît finalement qu'aucun équilibre informationnel local n'est irrévocable, contrairement à un équilibre global en l'absence de renouvellement des générations d'acteurs et de phénomènes d'oubli. Remarquons néanmoins qu'au fur et à mesure de l'évolution du réseau, la possibilité de destruction d'équilibres informationnels locaux établis apparaît de plus en plus réduite, car une telle destruction ne peut avoir lieu que tant qu'il subsiste des « 0 » dans la matrice $[a_{ij}] (t)$. Or, cette dernière se remplit inexorablement de « 1 » lors d'une évolution du réseau déterminée par la seule communication sociale. Il arrive donc nécessairement une date T où cette matrice converge vers une matrice unité : $[a_{ij}] (T) = 1, \forall i, \forall j$ et nous retrouvons alors un équilibre informationnel global irrévocable.

Contrairement à ce que prétend la vulgate contemporaine, la communication sociale n'est donc pas synonyme d'effacement global des différences entre l'ensemble de ses protagonistes ni de rapprochement

des « points de vue » de ces derniers : ce n'est que localement (au niveau de chaque amas d'acteurs) qu'elle produit un tel effet, qui s'accompagne au contraire au niveau global d'une accentuation des différences et des points de vue entre amas d'acteurs. Car la communication sociale ne peut jamais réunir simultanément tous les acteurs : certaines communications sont impossibles et seul un sous-ensemble de celles qui sont possibles se réalise dans chaque état du réseau. Ce sous-ensemble est le plus probablement celui de communications dyadiques qui mènent inexorablement le réseau vers un état d'équilibre informationnel. Néanmoins, durant toute cette évolution, la communication sociale est productive en termes d'information, au sens où elle actualise continuellement de nouvelles combinaisons de catégories élémentaires. Certes, ces combinaisons existent à l'état virtuel dès l'état initial du réseau, mais elles ne figurent dans aucune mémoire individuelle – ni, par suite, dans la « mémoire globale » du réseau – avant que l'ambiguïté inhérente à la communication sociale ne vienne les y inscrire. Car c'est bien cette ambiguïté qui est productrice de ce type d'information nouvelle : c'est parce que les acteurs accordent des significations différentes à des représentations pourtant partagées, et construisent des sens différents à propos de représentations qui leur sont pourtant transmises, que l'épidémiologie de ces représentations se traduit par leurs transformations plutôt que par leurs reproductions, conformément au modèle de contagion des idées proposé Dan Sperber⁸³.

Néanmoins, le processus de formation d'amas d'acteurs synchrone de cette épidémiologie des représentations augmente la probabilité de communications de plus en plus pauvres en information (car établies entre acteurs de plus en plus ressemblants au sein d'amas donnés), et diminue simultanément celle de communications potentiellement riches en information (car établies entre acteurs inscrits dans des amas différents). Au niveau de chaque amas d'acteurs, ce processus vient aggraver la tendance globale à la baisse de la croissance de la complexité structurale du réseau, due à l'épuisement progressif du réservoir de catégories idiosyncrasiques non encore socialisées par la communication – un épuisement encore plus accusé au sein de chaque amas d'acteurs

⁸³ Dan Sperber, *La contagion des idées. Théorie naturaliste de la culture*, Paris, Odile Jacob, 1996.

considéré isolément. Il s'ensuit qu'au fur et à mesure du processus d'amas différenciés au sein d'amas différenciés en lequel consiste l'évolution la plus probable du réseau, la croissance de la complexité structurale du réseau ne cesse de ralentir jusqu'à son arrêt complet à la juxtaposition d'équilibres informationnels vers laquelle semble tendre le réseau – un équilibre tel que tous les acteurs d'un même amas seraient strictement identiques, et entièrement différents des acteurs de tous les autres amas.

Mais une telle évolution n'est qu'apparente. Car au delà des communications dyadiques informatives dont nous venons de voir qu'elles sont propres à briser une telle juxtaposition d'amas, cette évolution comporte un autre phénomène débouchant sur le même effet : l'apparition d'une ou de plusieurs colonnes de $[a_{ij}]$ ne contenant que des « 1 ». Ce type de colonnes correspond à des catégories élémentaires dont la particularité est d'être simultanément présente dans les répertoires cognitifs de tous les acteurs, et son apparition s'inscrit dans la continuité même du processus de formation d'amas analysé plus haut. Revoyons en effet l'état du réseau à la date (t_i) :

	C_1	C_2	C_3	.....	C_m	C_{m+1}^2	C_{m+4}	C_{m+8}	.....	C_{3m-5}^2	.....	C_{3m-3}^2	C_{3m-2}	C_{3m-1}	C_{3m}
A_1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
A_2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
A_3	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
A_4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
A_{m-2}	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A_{m-1}	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A_m	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Considérons les catégories $C_3, C_5, C_7, \dots, C_{m-1}$. Chacune de ces $[1 + (m-3)/2] - 1$ catégories est partagée par deux amas successifs le long de la cascade de ces derniers. Moins profondément ancrées dans les mémoires des acteurs que les catégories $C_2^2, C_4^2, C_6^2, \dots, C_{3m-5}^2, C_{3m-3}^2$ qui lient le plus profondément ces derniers au sein de chaque couple $(A_1$ et $A_2), \dots, (A_{m-2}$ et $A_{m-1})$, chacune de ces catégories établit donc un lien entre deux couples successifs – entre $(A_1$ et $A_2)$ et $(A_3$ et $A_4), \dots, (A_{m-4}$ et $A_{m-3})$ et $(A_{m-2}$ et $A_{m-1})$. Comme elle est la seule en ce cas (c'est d'elle que provient le « 1 » qui figure en (t_i) au numérateur des propensions à communiquer entre acteurs de deux couples successifs), elle est

nécessairement impliquée dans les communications dyadiques informatives venant freiner la formation de la juxtaposition d'amas, voire détruire l'équilibre informationnel local auquel conduit la formation de chacun de ces derniers. Selon les contenus précis des messages échangés lors communications établies dans le réseau après (t_1), il est alors possible de voir une ou plusieurs de ces catégories faire progressivement lien entre trois, quatre, ..., puis tous les couples d'acteurs du réseau (soit $\lceil 1 + (m-3)/2 \rceil$ couples si m est impair, et $m/2$ couples si m est pair).

Si elle venait à être ainsi partagée par tous les répertoires individuels, une telle catégorie pourrait être interprétée de diverses manière selon le référentiel considéré : dans l'espace psycholinguistique, elle figurerait un langage commun à l'ensemble des acteurs cognitifs individuels; dans l'espace politique, elle sous-tendrait cognitivement une institution publique ou une convention connue simultanément de tous les citoyens; dans l'espace sociologique, elle serait support cognitif d'un consensus partagé par l'ensemble des acteurs. Et dans l'espace de l'économie de la connaissance, elle constituerait une sorte de monnaie cognitive qui figurerait le dernier lien social permettant à chaque acteur de pouvoir s'évader de son amas pour communiquer avec n'importe quel autre acteur sinon emprisonné dans n'importe quel autre amas⁸⁴. De nature à freiner le processus d'agrégation locale/désagrégation globale au sein de notre réseau, un tel lien serait néanmoins impuissant à annuler la mort entropique du réseau – une mort que nous savons inéluctable tant que

⁸⁴ Nous avons présenté ailleurs (voir Bernard Ancori, *Échange monétaire et Évolution économique*, Thèse de Doctorat d'État ès Sciences économiques, Université Louis Pasteur [Strasbourg II], 1990) une analyse historique de l'émergence grecque et de la résurgence féodale de la monnaie occidentale comme lien social. La relation de la monnaie et du langage est étudiée par Baudoin Jurdant (« La monnaie est-elle un langage ? », *Fundamenta Scientiae*, vol. 9, n°s 2-3, 1988, p. 285-296). Pour une interprétation de l'émergence grecque de la monnaie frappée en tant que conséquence de la généralisation de la lecture de l'écriture alphabétique en Grèce ancienne, voir Baudoin Jurdant, *Écriture, monnaie et connaissance*, Thèse de Doctorat ès lettres, Université Louis Pasteur (Strasbourg I), 1984 et Baudoin Jurdant, « Le rôle équivoque des voyelles dans l'écriture alphabétique », dans Derrick de Kerchove et Charles J. Lumsden (dir.), *The Alphabet and the Brain*, Berlin, Springer-Verlag, 1988, p. 381-400. Enfin, pour un rapprochement de la dématérialisation des supports monétaires avec la « bancarisation totale de la vie » dans les économies occidentales actuelles, voir Jean-Joseph Goux, « Cash, check or charge ? », dans Martin Gorin (dir.), *L'argent, Communications*, n° 50, Paris, Seuil, 1989, p. 7-22.

la liste des acteurs individuels et celle des catégories psychologiques sont supposées données et finies. Au lieu de prendre la forme d'une juxtaposition d'amas d'acteurs au sein desquels tous les acteurs seraient identiques et totalement différents des acteurs de tous les autres amas, cette mort prendrait la forme d'un équilibre informationnel global représenté par une matrice $[a_{ij}]$, où $C_j = 1, \forall i, \forall j$.

Une extension intéressante de notre modèle consisterait alors à calculer, dans le cas le plus général, le nombre maximal de périodes nécessaires pour qu'apparaisse au moins une telle catégorie (C_j , telle que $a_{ij} = 1, \forall i$) à partir d'un état initial équitable du réseau au sens défini plus haut. Ce nombre maximal de périodes serait ici déterminé par l'ensemble des paramètres suivants : m (nombre d'acteurs), n (nombre de catégories élémentaires), g (nombre d'occurrences nécessaires pour qu'une catégorie élémentaire, ou une combinaison de telles catégories, saute du niveau catégoriel au niveau métacatégoriel), e (nombre de périodes suffisant pour qu'une catégorie élémentaire inactivée, ou une combinaison de telles catégories, s'efface du répertoire cognitif de l'acteur concerné), s (taux de socialisation des catégories idiosyncrasiques existantes par la communication), c_r (taux de création de nouvelles catégories idiosyncrasiques par raffinement de catégories existantes) et c_a (taux de création de nouvelles catégories idiosyncrasiques à l'issue d'analogies et de métaphores). Avec un nombre initial d'acteurs m donné, et les paramètres g et e étant fixés, tant que $c_r + c_a = s$ le réseau se trouve dans un état stationnaire de non équilibre. En anticipant sur les analyses de la seconde partie de ce texte, disons que dans ce dernier cas, le taux de production d'entropie est constant – alors qu'il est nul à l'équilibre informationnel analysé plus haut : l'introduction de nouvelles catégories idiosyncrasiques compense continuellement la diminution d'entropie dans le réseau, et maintient ainsi à un niveau constant la complexité fonctionnelle de ce dernier. Et, bien sûr, les productivités respectives de ces trois mécanismes peuvent être telles que cette complexité fonctionnelle augmente – et l'entropie du réseau avec elle.

Entre individualisme méthodologique des sciences économiques et holisme strict d'une sociologie d'inspiration durkheimienne, notre analyse relève à certains égards d'un individualisme méthodologique

complexe, au sens de Jean-Pierre Dupuy⁸⁵ : les niveaux individuel et collectif s'y répondent en une boucle récursive, ainsi que nous l'avons remarqué lors de notre évocation de la genèse des supports cognitifs des conventions, ces structures collectives engendrées par la composition des actions individuelles. Mais à d'autres égards, c'est un infra-individualisme au sens de Sperber⁸⁶ que fait fonctionner notre modèle : la mécanique des possibles analysée ici est celle des représentations des acteurs individuels plutôt que celle de ces acteurs eux-mêmes. Ces derniers ne sont ici que les sites de ces représentations composées de catégories élémentaires qui, elles, sont les véritables acteurs d'une épidémiologie débouchant éventuellement sur leur propre disparition. En définitive, notre modèle s'inscrit donc dans une méthodologie d'infra-individualisme complexe dont le concept de propension à communiquer proposé ici constitue le pivot théorique.

I. 6. Propension à communiquer et présent spécieux

Dans ce qui précède, nous avons défini les trois dimensions qui ordonnent l'espace de notre réseau sociocognitif complexe : sa largeur, exprimée ici par le volume H de sa mémoire globale; sa hauteur, mesurée par le nombre m d'acteurs individuels; sa profondeur, indiquée sur le plus haut degré d'ancrage q_{max} actuellement atteint par les combinaisons de catégories élémentaires composant les mémoires individuelles des acteurs. Ces trois dimensions spatiales tracent conjointement les limites de l'espace du réseau dans chaque état de ce dernier. Quant à sa structure interne, elle est donnée par la répartition des propensions à communiquer dans l'état considéré du réseau. Mais le caractère de marqueur spatiotemporel que possède notre concept de propension à communiquer suggère que l'espace n'est jamais qu'un épisode du temps de ce même réseau, dont les dimensions spatiotemporelles apparaissent ainsi comme indissociables. Ce caractère de marqueur spatiotemporel

⁸⁵ Jean-Pierre Dupuy, « Vers l'unité des sciences sociales autour de l'individualisme méthodologique complexe », *Revue du M. A. U. S. S., Une théorie sociologique générale est-elle pensable ? De la science sociale*, n° 24, second semestre, 2004, p. 310-328.

⁸⁶ Dan Sperber, *op. cit.*, 1996; Dan Sperber, « Individualisme méthodologique et cognitivisme », dans Raymond Boudon, François Chazel et Alban Bouvier (dir.), *Cognition et sciences sociales*, Paris, PUF, 1997, p. 123-136.

renvoie à la notion de présent spacieux introduite jadis par William James, et qui trouve ainsi une formalisation adéquate.

En effet, comme il a été suggéré par l'hypothèse H15, le temps de notre réseau est historiquement construit au sens où ce sont les changements affectant les répertoires cognitifs individuels qui le font passer d'un état quelconque à l'état suivant, et non l'inverse. Ici, le livre du temps n'est pas écrit d'avance, mais s'écrit au fur et à mesure des modifications cognitives apportées par de tels changements pour au moins un acteur individuel. Loin du contenant absolu et universel newtonien – ce temps qui « aurait pu exister même si l'univers avait été vide⁸⁷ » – dans lequel un futur toujours déjà-là attend l'événement venant l'actualiser, tout changement de ce type ajoute ici un pas de plus au parcours du réseau, par une inscription additionnelle ou un effacement nouveau de catégories élémentaires (ou de combinaisons de telles catégories) dans les mémoires des acteurs. Corrélativement, chaque état du réseau ainsi advenu incorpore la trace de tous les états antérieurs, dont c'est alors le seul mode de subsistance. Cette conception constructiviste de la durée signifie donc que le réseau est toujours à la fin des temps : de même que son passé irréversiblement révolu ne subsiste qu'au titre des traces conservées par son présent, il n'existe strictement rien au-delà de ce présent advenu.

Le concept qui exprime le mieux la nature exacte de la notion de présent que fait ainsi fonctionner notre modèle est précisément celui de propension à communiquer entre acteurs individuels. Nous avons vu que ce concept traduisait un indice de ressemblance entre les acteurs à chaque date (t) considérée : étant donnés $L_k(t) = |S_k|(t)$ et $L_{kl}(t) = |S_k \cap S_l|(t)$, $\forall k, \forall l, \forall t$, nous avons mesuré plus haut la propension à communiquer $p_{kl}(t)$ des acteurs A_k et A_l par : $0 \leq p_{kl}(t) = L_{kl}(t) / [L_k(t) + L_l(t) - L_{kl}(t)] < 1$

Dans cette mesure, les valeurs $L_k(t)$ et $L_l(t)$ constituent les traces quantitatives des passés respectifs des acteurs A_k et A_l à la date (t), puisqu'elles mesurent les volumes des répertoires cognitifs construits par ces acteurs depuis leur plus lointain passé jusqu'à ce moment présent. Mais, d'un autre côté, une partie de ces L_k ou L_l catégories

⁸⁷ Maurice Overbeke, van, « Temps et tension. À propos de deux relativités », dans Enrico Castelli (dir.), *Temporalité et aliénation*, Paris, Aubier, 1975, p. 77.

psychologiques est alors partagée par d'autres acteurs, telle celle que mesure $L_{k/l}$ pour A_k et A_l à la date (t). Or, chaque catégorie de ce genre représente le minimum de langage commun ouvrant à chaque acteur individuel la possibilité d'entrer en communication avec au moins un autre acteur. Dans chaque état du réseau, le nombre de catégories partagées figurant dans les représentations d'un acteur individuel donné vient donc quantifier l'ouverture de l'éventail de ses communications possibles avec au moins un autre acteur. Quant à la valeur $L_{k/b}$ elle mesure certes le volume actuel des représentations partagées issues des trajectoires passées différentes de A_k et A_b , mais elle contribue également à mesurer la propension de ces acteurs à établir actuellement une communication contribuant à modeler l'état futur du réseau. Loin de se réduire à un pur instant, le présent du réseau ainsi modélisé prend donc la forme d'une tension dialectique entre passé (plus ou moins récent) et futur (plus ou moins proche). Nous rejoignons ainsi le concept mis en avant par Henri Bergson soulignant que le présent est toujours à la fois en deçà et au delà du point mathématique que nous déterminons idéalement quand nous pensons à l'instant présent, car il empiète tout à la fois sur notre passé et sur notre avenir⁸⁸. Et c'est pourquoi nous parlons ici de propension à communiquer, désignant ainsi une probabilité conditionnelle à une situation. Cette situation est celle du présent spécieux, dont le concept fut introduit par William James dans ses *Principes de psychologie* (1890), puis développé par la phénoménologie de Husserl, avant d'être aujourd'hui repris par la philosophie de l'esprit et par les sciences cognitives⁸⁹.

⁸⁸ Henri Bergson, *Matière et mémoire*, Paris, PUF, 1990, p. 152-153.

⁸⁹ Pour un historique et un développement stimulant du concept de « présent spécieux » en tant que durée de quelques secondes (de trois secondes, selon les neurosciences actuelles) qui enveloppe passé, présent et futur proche dans la temporalité consciente, voir Claude Debru, « La conscience du temps. De la phénoménologie à la cognition », dans « Neurosciences et Philosophie. Le problème de la conscience », *Revue de métaphysique et de morale*, avril-juin, 1992, p. 273-293. Pour une interprétation naturaliste récente de ce concept, voir Fransisco Varela, « Le présent spécieux : une neuro-phénoménologie de la conscience du temps », dans Jean Petitot, Fransisco Varela, Bernard Pachoud et Jean-Michel Roy (dir.), *Naturaliser la phénoménologie. Essais sur la phénoménologie contemporaine et les sciences cognitives*, Paris, CNRS Editions, 2002, p. 341-406.

Par ailleurs, ce concept de propension à communiquer permet d'introduire la notion de contrefactuel dans notre modélisation : quelque chose aurait pu se produire dans l'espace de l'état initial du réseau (A_m , resté isolé à la date t_0 dans l'exemple donné à la section précédente, aurait pu établir une communication), mais ne s'est pas produit (il n'a rien fait de tel), et cette absence d'événement est encore un événement, puisqu'elle produit un effet (la déformation des probabilités) qui n'aurait pas existé sans elle. En réalité, c'est cette notion de contrefactuel qui exprime le mieux la prégnance du lien social dans notre réseau, puisqu'elle met en évidence la solidarité fondamentale existant entre des acteurs dont chaque action individuelle (y compris l'absence d'action) produit des effets qui rejaillissent sur l'ensemble des autres acteurs⁹⁰. Tout en situant ainsi les acteurs les uns par rapport aux autres dans l'espace du réseau, leurs propensions à communiquer indexent également les opportunités futures qui leur sont actuellement ouvertes par leurs trajectoires passées. Notre concept de propension à communiquer cristallise ainsi la situation présente de chaque acteur en chaque moment de la trajectoire globale du réseau, et constitue à ce titre un marqueur spatiotemporel de la structure et de l'évolution de ce dernier.

Note du comité éditorial :

L'auteur poursuivra sa réflexion dans le prochain numéro (volume 4, numéro 1).

⁹⁰ Sous forme du « temps pour comprendre », c'est également cette notion philosophique capitale de contrefactuel qui se trouve au centre de la représentation lacanienne de l'intersubjectivité (voir Eric Porge, *Se compter trois. Le temps logique de Lacan*, Ramonville, Éditions érès, 1989).