

# Réseaux épistémiques: formaliser la cognition distribuée

Camille Roth\*

*Article proposé à Sociologie du Travail*

v3, 02/21/08

## Résumé

Les communautés de savoirs réunissent des individus collaborant et interagissant afin de produire des connaissances. Ces diverses tâches de production de savoirs sont traditionnellement décrites par le biais des *communautés épistémiques*, c'est-à-dire des groupes d'individus travaillant sur des sujets partagés, dans un but commun de construction de connaissances ; l'on s'intéresse alors à la façon dont ces communautés se forment, évoluent, interagissent et, plus largement, aux types de processus de collaboration qui les animent. L'enjeu est double : d'une part, caractériser l'émergence et l'enchevêtrement des communautés épistémiques à différents niveaux hiérarchiques et, d'autre part, exhiber les déterminants des collaborations entre agents au sein de ces communautés. Nous comptons ainsi montrer comment effectivement formaliser la cognition distribuée : plus précisément, en proposant une définition formelle d'une communauté épistémique comme le plus grand ensemble d'agents partageant et travaillant sur un même ensemble de concepts, nous montrons comment représenter la structure distribuée de l'élaboration des savoirs, comment appréhender l'effet de cette structure sur la perception et l'agencement même des activités de cognition distribuée puis, dans une optique dynamique, comment évaluer la stabilité temporelle de la distribution tâches au sein du réseau, malgré le renouvellement permanent de ses membres. Nous illustrons notre propos au travers d'une étude empirique sur une communauté d'embryologistes.

## 1 Introduction

Les communautés de savoirs réunissent des individus collaborant et interagissant afin de produire ou d'échanger des connaissances : les scientifiques, les développeurs de logiciel libre, les contributeurs d'un "wiki" sont des exemples, parmi d'autres, de tels groupes de création distribuée de connaissances. Ces activités de production de savoirs sont ainsi organisées au sein de communautés spécialisées à différents niveaux de généralité, communautés parfois partiellement indépendantes, parfois partiellement imbriquées, qui sont elles-mêmes structurées en diverses sous-communautés autour de thématiques plus précises. L'expertise dans ce contexte est disséminée sur l'ensemble des agents, dans un processus de cognition sociale au sens large (Hutchins, 2001), où des concepts sont introduits et manipulés de manière relativement décentralisée (Longino, 1995; Flichy, 2000). Des frontières peuvent en

---

\*CIRESS/LEREPS, Université de Toulouse (21 Allée de Brienne, 31000 Toulouse, France) et CRESS/Department of Sociology, University of Surrey (Guildford GU2 7XH, United Kingdom).  
E-mail: [camille.roth@univ-tlse1.fr](mailto:camille.roth@univ-tlse1.fr)

outre émerger entre sous-groupes, à la fois horizontalement, par rapport à des domaines de compétences distincts, et verticalement, avec divers degrés de spécificité.

Les différents types d'activité et diverses tâches de création de connaissances ainsi que leur distribution sur les agents sont traditionnellement décrites par le biais de la notion de *communauté épistémique*, c'est-à-dire un groupe d'individu travaillant sur des sujets partagés, dans un but commun de construction de savoirs (Ruggie, 1975; Haas, 1992; Cowan *et al.*, 2000); l'on s'intéresse alors à la façon dont ces communautés se forment, évoluent, interagissent et, plus largement, aux types de processus de collaboration qui les animent. Les réseaux, en particulier, sont ainsi récemment apparus comme un cadre formel inévitable pour capturer les attributs organisationnels et structurels les plus saillants de ces communautés (Callon, 2001). Le glissement de la notion de simples "groupes de savoirs" à celle de "réseaux de savoirs" à grande échelle, sous l'effet d'un accroissement combiné de la disponibilité des contenus et des possibilités d'interaction, a légitimé l'usage de nouveaux outils empruntant principalement à la théorie des graphes et des systèmes dynamiques (Newman, 2001), en réponse à des problématiques propres à l'épistémologie sociale, l'anthropologie culturelle ou encore l'économie des biens culturels (Kitcher, 1995; Cohendet *et al.*, 2003).

Révétons immédiatement la place de l'outil "réseau" dans notre étude de la structure des communautés de savoirs : il s'agit d'abord, précisément, d'exhiber les communautés épistémiques, d'une part, à partir des associations répétées entre agents et concepts qui, d'autre part, *forment le réseau*. Le réseau, trivialement, décrit en effet ces associations — associations passées réifiées par les artefacts de collaboration (ici des articles scientifiques) et donc visibles de tous, contribuant ainsi à l'émergence de frontières, à nouveau accessibles à tous. Nous montrerons aussi que le réseau permet aussi de décrire les comportements d'interaction des agents *situés* dans ce contexte associatif puisque membres du réseau, en cohérence avec l'argument de Callon (2001) selon lequel "(...) c'est la structure d'ensemble, construite par l'agrégation des comportements des différents acteurs (comportements qui sont réduits à des mises en relation), qui, en retour, contraint leurs comportements." D'une certaine manière, il s'agit d'étendre ce type d'approche en exhibant explicitement une notion de communauté qui s'appuie sur un réseau hybride "agents-concepts" (appelé par la suite réseau épistémique) et son apport pour la compréhension de l'organisation de ces communautés et du lien fort que cette structure entretient avec le phénomène de distribution des tâches cognitives, et la compréhension de l'organisation des agents au sein de, et par rapport à, ces communautés.

Notre but est ainsi de montrer en quoi il est possible d'enrichir la sociologie du travail, et notamment la partie s'intéressant à la distribution des tâches cognitives, par une approche réseau qui ne soit pas essentiellement interactionniste, ou plutôt, qui situe les interactions dans un cadre élargi où associations entre agents et concepts co-évoluent. L'enjeu est double : d'une part, caractériser l'enchevêtrement des communautés épistémiques à différents niveaux hiérarchiques et, d'autre part, exhiber les déterminants des collaborations entre agents au sein de ces communautés. Nous voulons ainsi établir un rapprochement de ces questions avec l'étude des catégories d'agents et de tâches cognitives qui émergent des interactions répétées, pour lequel notre réseau épistémique constitue le précipité historique des associations passées. Il s'agira parallèlement de montrer en quoi une approche à grande échelle, sur des communautés de grande taille (soit, en pratique, hermétiques à l'étude ethnographique), permet d'obtenir un point de vue systémique et systématique, c'est-à-dire s'attachant aux régularités des comportements d'interaction et de la distribution de l'orga-

nisation de la production ; point de vue complémentaire d’approches locales qui détaillent finement les processus à l’œuvre *au sein* de ces communautés (Latour & Woolgar, 1988; Heath & Luff, 1994).

En proposant à cet effet une définition formelle d’une communauté épistémique comme le plus grand ensemble d’agents partageant et travaillant sur un même ensemble de concepts — notion qui n’est pas sans lien avec celle d’équivalence structurelle (Lorrain & White, 1971) — nous illustrons notre propos au travers d’une étude empirique sur une communauté d’embryologistes organisée autour du *zebrafish*, un poisson tropical servant d’animal-modèle<sup>1</sup>. En considérant ensuite les interactions entre agents, nous caractérisons des choix de coopération inter- et intra-communautaires mettant en évidence à la fois une certaine interdépendance cognitive entre acteurs (Conein, 2004b), au moins partielle, ainsi que la pérennisation de collaborations passées. Dans l’ensemble, au contraire de démarches strictement structurelles<sup>2</sup> éludant potentiellement les aspects cognitifs de ces communautés, notre approche fait usage de la dualité inhérente aux groupes de savoirs (Breiger, 1974) : d’une part, des agents affiliés, d’autre part, à des catégories thématiques via les artefacts qu’ils produisent. Ainsi, tout en nous appuyant fondamentalement sur les réseaux, nous ambitionnons finalement de prendre en compte la contribution de ces artefacts à la coordination des agents et à l’émergence de catégories d’agents spécialisés dans l’accomplissement de tâches cognitives identiques.

## 2 Réseaux sociaux, réseaux épistémiques et cognition distribuée

### 2.1 Distribution des tâches : savoirs et agents

La notion de cognition distribuée défendue par Hutchins (2001) renvoie à la distribution des tâches cognitives sur les membres d’un groupe, potentiellement dans une optique évolutionnaire. Il distingue notamment la distribution des processus cognitifs *sur* les différents individus d’une communauté de la distribution des processus *entre* individus, impliquant des mécanismes de coordination et de médiation, tout en soulignant les aspects diachroniques de ces opérations : “*processes may be distributed through time in such a way that the products of earlier events can transform the nature of later events*” (Hutchins, 2001, p. 2068). Dans la mesure où le processus cognitif global est la création de savoirs, par exemple à l’échelle d’une discipline scientifique, la distribution des activités renvoie à la répartition des thématiques entre agents, thématiques et groupes affiliés se recouvrant potentiellement.

Poser la question de la formalisation de la cognition distribuée soulève ainsi immédiatement l’enjeu de la description même de l’agencement social des tâches cognitives. Comment, effectivement, représenter la structure distribuée de l’élaboration des savoirs ? Il s’agit notamment d’en souligner la hiérarchisation verticale (les agents travaillent à divers niveaux de généralité ou de spécialisation, la hiérarchie étant ici essentiellement cognitive) et horizontale (la manipulation des concepts étant répartie sur l’ensemble des agents, afin de gérer collectivement les limitations cognitives individuelles). Comment, ensuite, appréhender formellement l’impact cognitif et social de cette structure, soit, en d’autres termes, son effet sur

---

<sup>1</sup>Le terme d’animal-modèle désigne une espèce dont l’étude permet la compréhension de phénomènes biologiques pouvant être étendus à de nombreux autres organismes.

<sup>2</sup>C’est-à-dire mobilisant seulement un réseau d’interactions sociales.

la perception et l'agencement même des activités de cognition distribuée ? De fait, dans une optique dynamique, comment, enfin, évaluer la stabilité temporelle de la distribution tâches au sein du réseau, malgré le renouvellement permanent de ses membres ?

En insistant sur la pertinence de la notion de communauté épistémique comme unité de référence, nous proposons d'aborder ces trois problèmes emboîtés, qui sont autant d'enjeux pour la formalisation, en validant respectivement les trois hypothèses suivantes :

- (H1) une représentation duale des regroupements d'agents et de concepts permet d'appréhender la structure d'un réseau épistémique ;
- (H2) ces regroupements organisent, au moins partiellement, la perception même des catégories de savoirs et des communautés d'agents, puis la distribution des tâches ;
- (H3) la stabilité dynamique de ces regroupements préfigure la pérennité des opérations de cognition distribuée au sein du réseau, en co-évoluant avec divers types d'artefacts.

La première hypothèse occupe un rôle central dans notre raisonnement. Plus précisément, nous allons introduire, justifier puis utiliser une représentation *duale* et *latticielle*<sup>3</sup> de la cognition distribuée — duale, parce que ce problème de représentation requiert d'appréhender agents et savoirs au sein d'un cadre unifié ; latticielle (c'est-à-dire permettant l'enchevêtrement des communautés) car nous arguons que l'organisation des savoirs formate la distribution sociale des tâches ; la structure latticielle, donc non-aristotélienne des catégories cognitives se reportant *in fine* sur l'organisation sociale. La validation des deuxième et troisième hypothèses découlera de l'étude longitudinale de cette structure et du comportement des agents précisément en rapport avec l'agencement des communautés épistémiques ainsi représenté, en soulignant le rôle particulier que tiennent les artefacts dans la distribution sociale des activités de création de savoir.

## 2.2 La communauté "zebrafish"

Notre illustration empirique porte sur la communauté travaillant sur le "zebrafish", un animal-modèle bénéficiant d'efforts de recherche croissants parmi les embryologistes. Nous nous appuyons sur des fiches bibliographiques concernant l'ensemble des articles produits par ces chercheurs sur la période 1990-2003 et répertoriés par *PubMed*<sup>4</sup>. Le *zebrafish*, poisson zébré, ou encore "*brachydanio rerio*" a été au cours des années 1990 un sujet d'étude privilégié des embryologistes (Grunwald & Eisen, 2002), grâce aux propriétés particulières de son embryon, translucide pendant son développement.

L'essor de la communauté scientifique travaillant sur ce vertébré a été considérable durant les 15 dernières années, au point de faire du *zebrafish* un animal-modèle : alors que l'on comptait environ 400 auteurs seulement dans la base de données en 1990, ce nombre est multiplié par un facteur 50 environ, pour atteindre aujourd'hui en 2007 près de 20 000 auteurs. Au total, sur la période 1990-2003 strictement, notre base répertorie 5146 articles et 11023 auteurs. L'intérêt de travailler avec des données à grande échelle apparaît alors doublement : non seulement les observations couvrent une période de temps et une population beaucoup plus importante que ce que l'on pourrait espérer obtenir par le biais d'entretiens mais, en

<sup>3</sup>Soit, sous forme de treillis plutôt que sous forme d'arbre.

<sup>4</sup>Service librement accessible, fourni par la *National Library of Medicine* étatsunienne, disponible sur <http://www.pubmed.com>. Notons que nous ne nous intéressons ainsi qu'aux chercheurs ayant publié au moins un article dans une des 20 000 revues environ indexées par la *Library of Congress* étatsunienne.

outre, ces données sont potentiellement plus rigoureuses et objectives, avec une granularité temporelle relativement fine (de l'ordre d'un an dans le pire des cas). Callon (2001) nous rappelle l'enjeu de disposer de ce type de données : "Peut-on imaginer suivre la constitution de ces collectivités, retracer leur évolution, enregistrer leur transformation sans recourir à des outils conçus pour l'analyse des grands nombres ?"

Les fiches bibliographiques fournissent notamment les noms des auteurs, la date de publication et le contenu du résumé des articles, nous permettant de savoir *qui* a collaboré *avec qui*, *quand* et *sur quoi*. Après un traitement linguistique sommaire où nous extrayons les termes non-rhétoriques (i.e. en excluant "then", "suggest", etc.) les plus saillants (i.e. correspondant aux thématiques les plus fréquentes identifiées avec l'aide d'un expert du domaine), nous travaillons avec une liste fixe de 70 termes lemmatisés<sup>5</sup>.

Nous faisons par ailleurs l'hypothèse que chaque terme lemmatisé renvoie à un concept suffisamment précis et homogène. Cela implique que les concepts que nous étudions peuvent être considérés comme étant *atomiques* et *uniques*, chaque entité renvoyant à une seule et même représentation chez tous les individus l'utilisant. Cette hypothèse pourrait certes ne pas être valide dans le cas général (Kuper, 2000; Atran, 2003) mais ne semble pas excessive dans le contexte de l'embryologie et de la biologie moléculaire, sur une période de temps restreinte, pendant laquelle il est raisonnable de supposer que le paradigme en vigueur et son ontologie subissent peu de variations — la population au sein d'une même culture disciplinaire semble pouvoir partager des conceptions similaires de la plupart des termes techniques (Romney *et al.*, 1996). Par exemple, les notions d'"ADN", de "mutation", de "plaque ventrale" ou de "moelle épinière" ainsi que les termes qui y renvoient ("ventral", "spinal cord") semblent difficilement pouvoir faire débat, au moins ici.

**Réseau d'agents, réseau de concepts** Ainsi, pour chaque période étudiée, nous construisons enfin le réseau épistémique des collaborations et des associations entre agents et entre concepts, qui est un réseau *croissant*. Par réseau croissant, nous entendons "réseau où agents et liens apparaissent une fois pour toutes"; il s'agit donc d'une agrégation historique des collaborations et associations ayant eu lieu jusqu'à la période considérée. Puisque nous nous intéressons essentiellement à la structure dynamique de la distribution des tâches, nous n'avons par contre aucune précision sur le contenu de la collaboration et les échanges qui ont effectivement lieu entre auteurs — nous disposons ainsi d'une description qualitative très sommaire du contenu des liens : un lien renvoie à une collaboration, l'agencement des liens pouvant faire émerger des catégories. Notre étude a donc une visée moins ethnographique que naturaliste, afin de renseigner le sociologue sur ce qui est récurrent et régulier dans l'organisation de ce type de groupe : plutôt que de détailler les particularités, potentiellement fortuites ou historiques, des sous-communautés du réseau, nous identifions des régularités structurelles au niveau du système tout entier. Ceci ne nous empêchera pas, néanmoins, d'identifier des régularités comportementales au niveau des agents (Sec. 5.4). Pour résumer, notre propos est empiriquement fondé (i) sur la présence de configurations particulières de liens, qui nous renseignera sur l'existence de communautés et sur la structure de distribution des thématiques entre communautés et (ii) sur la création de certains liens plutôt que d'autres, qui nous renseignera sur les comportements des agents dans ce contexte.

---

<sup>5</sup>Un terme lemmatisé est un terme réduit à sa racine : "signals" et "signalling" ont ainsi pour lemme "signal".

### 3 Catégories sociales, catégories thématiques et communautés épistémiques

#### 3.1 La communauté épistémique : vers une définition simplifiée

La collaboration d'agents à des fins de création ou de validation collective de savoirs et au sein d'un même cadre épistémique a fait l'objet de nombreux travaux en épistémologie sociale, en sciences politiques ou bien en économie de la connaissance, notamment (Kuhn, 1970; Ruggie, 1975; Haas, 1992; Schmitt, 1995; Cowan *et al.*, 2000). Cette activité a lieu entre membres de ce qui est traditionnellement désigné par le terme de "communauté épistémique" (CE). Dans le contexte de la production scientifique, la CE renvoie à un groupe de chercheurs produisant des articles de manière potentiellement distribuée sur des tâches plus ou moins spécialisées (Giere, 2002) tout en reconnaissant un ensemble d'outils conceptuels, de représentations et de mécanismes de validation (Kitcher, 1995) — dans le cas le plus général, il s'agit d'un "paradigme" (Kuhn, 1970). En considérant un champ de savoirs comme une gigantesque communauté épistémique (par exemple, la biologie, la linguistique), les sous-disciplines peuvent être vues comme des communautés plus petites, plus spécifiques et enchassées dans le champ en question.

Dans un tout autre contexte, en politologie, Ruggie (1975) s'est penché sur le problème de la synchronisation entre acteurs politiques dans le cadre de la coopération internationale et a souligné la dimension organisationnelle de la communauté épistémique, qu'il s'agisse d'un regroupement essentiellement cognitif ou d'une véritable institution. Haas (1992) a ensuite étendu cette acception de la CE à tout type de groupe d'agents manipulant des savoirs :

*"An epistemic community is a network of professionals with recognized expertise and competence in a particular domain and an authoritative claim to policy-relevant knowledge within that domain or issue-area."* (Haas, 1992, p. 3)

Cette définition rappelle l'existence de croyances communes au sein de la CE mais insiste aussi, notamment, sur la présence de règles, de normes et de modèles causaux qui dirigent l'action de ses membres. L'essentiel des travaux ultérieurs sur les CE reliait largement cette approche : ainsi Cowan *et al.* (2000) ont-ils ajouté la condition du partage d'un sous-ensemble de concepts particulier, caractérisant la CE comme "(...) a group of agents working on a commonly acknowledged subset of knowledge issues and who at the very least accept a commonly understood procedural authority as essential to the success of their knowledge activities", tandis que d'autres soulignent la notion d'objectif commun de création de savoirs au sein d'un cadre conceptuel collectif comme, par exemple, Cohendet *et al.* (2001) pour qui la communauté épistémique est "(...) a group of agents sharing a common goal of knowledge creation and a common framework allowing to understand this trend."

La CE semble ainsi constituer l'échelle privilégiée de description de la cognition sociale. Les diverses définitions de communauté épistémique, dont celles présentées jusqu'ici, affichent néanmoins la nécessité de prendre en compte certains aspects liés à la compétence, l'autorité, la déférence, voire le pouvoir — formel ou non. Dans la perspective de connaître quels agents partagent quelles problématiques et, plus largement, afin de décrire la structure de ces communautés entre elles et la distribution conjointe des agents et des thématiques, il n'est pas immédiatement nécessaire de caractériser les relations de référence ou d'autorité. Il ne s'agit pas, par exemple et notamment, de restreindre notre conception des CE aux

communautés de pratique (Lave & Wenger, 1991) puisque nous n'avons pas besoin de supposer *a priori* que les membres de ces communautés interagissent, voire s'évaluent. En tant que notion de base, la communauté épistémique reste pour le moment essentiellement une communauté de centres d'intérêts où les relations sociales ne sont pas (encore) spécifiées.

### 3.2 Dualité des savoirs et des agents

Les définitions précédentes peuvent de fait paraître trop exigeantes, quant aux propriétés déférentielles et normatives, tandis que la possibilité de formaliser l'étendue et la frontière de ces communautés semble faire défaut. Nous voulons ainsi en premier lieu conserver la simplicité de la notion de CE comme simple communauté de centre d'intérêts, à laquelle nous ajoutons l'idée de maximalité et donc implicitement l'idée de frontière — la CE contient exactement tous les agents s'intéressant à un ensemble de concepts donné.

En outre, il est classique de considérer la cognition distribuée comme la distribution *sur les agents* des savoirs et de la production de connaissances ; or, de manière duale, les agents sont aussi eux-mêmes distribués sur les différentes activités d'élaboration des savoirs. Plus précisément, si chaque CE, chaque thématique, est effectivement distribuée sur divers agents (voire décrite précisément par un sous-ensemble d'individus), dualement, chaque agent est aussi distribué sur divers thèmes, mobilisant ainsi différentes compétences cognitives dans plusieurs communautés. L'on échappe ainsi à une conception unidirectionnelle de la spécialisation des agents, où la cognition distribuée s'entendrait comme un simple partitionnement des tâches cognitives sur des sous-groupes d'agents disjoints. Dans le cas général, ceci suppose en effet que les attributions des agents ne suivent pas simplement une partition mais qu'elles se prêtent davantage à une modélisation en treillis — ou "latticielle" — plutôt qu'en arbre, c'est-à-dire où appartenances multiples et chevauchements sont possibles (Freeman & White, 1993), parce que la taxonomie des concepts révèle elle-même une hiérarchie multiple.

Notre définition de communauté épistémique doit ainsi permettre une certaine flexibilité, au sens où chaque agent ou concept doit pouvoir appartenir simultanément à plusieurs communautés. Nous proposons donc la définition suivante :

**Définition.** *Une communauté épistémique est un ensemble d'agents et de concepts, tels que les agents partagent tous ensembles tous les concepts (ou bien, dualement, les concepts sont tous partagés par tous les agents), de manière maximale, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de trouver davantage d'agents qui partagent ces mêmes concepts, ou davantage de concepts qui soient partagés par ces mêmes agents.*

Sans toutefois coïncider absolument, cette notion peut être comparée à l'équivalence structurelle introduite par Lorrain & White (1971) afin de décrire une communauté comme un groupe d'agents liés de manière équivalente à un autre ensemble d'agents ; en prenant soin d'étendre la notion d'équivalence au cas d'un groupe d'individus liés identiquement au même ensemble de concepts.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup>L'équivalence structurelle requiert en effet que tous les agents soient *exactement* liés aux mêmes agents ou artéfacts, induisant ainsi des partitions de l'ensemble des individus, au contraire de la notion de CE qui permet à chaque agent d'appartenir à plusieurs groupes.

### 3.3 Taxonomie cognitive, taxonomie sociale : le treillis

Notre définition de communauté épistémique introduit ainsi la CE comme un couple “(agents ; concepts)”. Il est de fait équivalent, pour caractériser une CE, de s’appuyer sur un groupe d’agents (afin d’examiner les thématiques auxquels ils s’intéressent pour aboutir à la CE étendue englobant celles-ci) ou sur un ensemble de concepts (afin d’obtenir la CE englobant tous les agents partageant au moins tous ces concepts). Empiriquement, il suffit de disposer de données décrivant les liens entre concepts et agents — extraits typiquement d’événements ou d’artefacts témoignant de l’usage des uns par les autres — que l’on peut ensuite concrètement mettre sous forme d’un réseau socio-sémantique, ou bien d’une matrice précisant les attributs conceptuels de chaque agent, comme sur l’exemple fictif de la Fig. 1. C’est précisément de ce type de données que nous disposons empiriquement avec le réseau épistémique de la communauté *zebrafish* (Sec. 2.2).

Surtout, cette définition rend bien compte des différents niveaux et degrés d’emboîtement et de recouvrement des CEs entre elles. Sur l’exemple de la Fig. 1, où les agents *A*, *B* et *C* s’intéressent tous au concept *y*, où *A* et *B* s’intéressent à *x*, et *B* et *C* à *z*, on trouve quatre CEs : il s’agit de  $(A, B, C; y)$ ,  $(A, B; x, y)$ ,  $(B, C; y, z)$  et  $(B; x, y, z)$ . Il convient d’abord de remarquer que ces CEs comportent toutes *B* et *y*, et parfois *A*, *C*, *x* ou *z* : divers agents et concepts appartiennent à de multiples communautés. Il devient par ailleurs possible d’ordonner hiérarchiquement ces communautés au sein d’un diagramme nommé *treillis* qui représente les CEs les plus générales au sommet (davantage d’agents, moins de concepts), les plus spécifiques en bas (moins d’agents, plus de concepts) et les relations d’inclusion et de généralisation/spécialisation entre CEs — cf. le diagramme de droite sur la Fig. 1.

En regroupant les CEs, le treillis est ainsi avant tout une structure duale qui exhibe simultanément groupes d’agents et de concepts, constitue une taxonomie à la fois sociale et cognitive de la communauté entière.<sup>7</sup> Le treillis permet aussi une modélisation latticielle, par définition (Barbut & Monjardet, 1970), où CEs peuvent être *en même temps* des sous-ensembles, spécifications ou ramifications de plusieurs autres CEs. Si la distribution des “affinités cognitives” au sein du réseau épistémique, ainsi décrite, s’écarte du modèle aristotélien<sup>8</sup>, ce n’est cependant pas seulement pour prendre en compte la participation potentielle de certains agents à plusieurs CEs : cette structure mime également, sinon essentiellement, la structure latticielle des catégories cognitives.<sup>9</sup>

<sup>7</sup>Cette dualité et cette multi-appartenance sont inhérentes aux communautés sociales, comme le souligne Breiger (1974) : “Individuals come together (or, metaphorically, “intersect” one another) within groups, which are collectivities based on the shared interests, personal affinities, or ascribed status of members who participate regularly in collective activities. At the same time, the particular patterning of an individual’s affiliations (or the “intersection” of groups within the person) defines his points of reference and (at least partially) determines his individuality.”

<sup>8</sup>Formellement, il s’agirait en fait, cette fois, d’un arbre et non d’un treillis.

<sup>9</sup>Il suffit de voir dans *y* le concept d’“animal”, *x* celui de “mammifère” et *z* celui d’“oiseau”, *B* étant un agent s’intéressant aux ornithorinques, *A* aux chiens et *C* aux moineaux, pour retrouver une représentation non-aristotélienne d’une partie des catégories cognitives du règne animal.



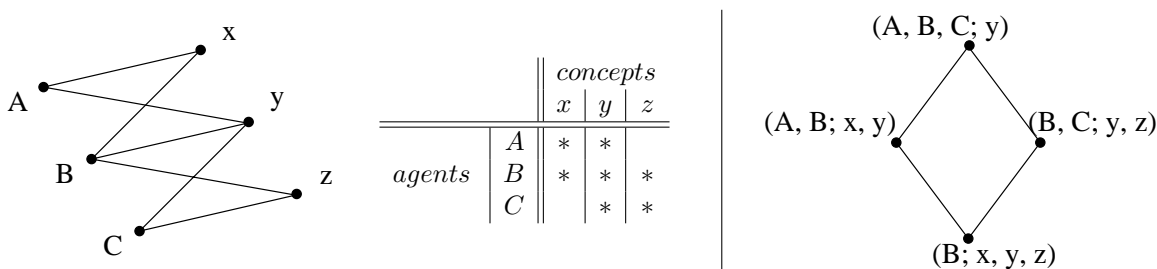


FIG. 1 – À gauche : réseau socio-sémantique montrant les liens entre agents ( $A$ ,  $B$  et  $C$ ) et concepts ( $x$ ,  $y$  et  $z$ ). Au milieu : matrice équivalente (l’astérisque indique la présence ou non de lien entre un agent et un concept). À droite : treillis correspondant, regroupant les quatre CEs, de la plus générale (en haut) à la plus spécifique (en bas).

## 4 Le prototype des communautés scientifiques

### 4.1 Champs disciplinaires, champs d’action

À présent, illustrons concrètement ces notions en nous penchant sur le cas des communautés scientifiques, comme prototype de l’organisation distribuée du travail cognitif (Latour, 1989; Flichy, 2000; Giere, 2002). Notre première hypothèse H1 revient ainsi à affirmer qu’il est possible de décrire la structure des champs de recherche au moyen de listes de concepts ou de problématiques, au sens large, incarnées par des groupes de chercheurs — chercheurs et problématiques s’organisant ainsi en communautés épistémiques hiérarchiques. Un champ peut se diviser en plusieurs sous-champs, eux-mêmes organisés en sous-catégories, ou appartenant à leur tour à divers champs plus généraux ; certains champs peuvent ainsi être multi-disciplinaires ou interdisciplinaires en ce que, respectivement, ils impliquent ou intègrent deux ou plusieurs sous-champs (Klein, 1990). Par exemple, certains linguistes s’occupent de prosodie tandis que d’autres portent davantage d’intérêt aux liens avec les neurosciences ; quelques-uns parmi eux, enfin, dans un effort interdisciplinaire, s’intéressent à l’ensemble de ces thèmes. Plus précisément, les sciences cognitives pourraient être vues ici comme un champ *multi-disciplinaire* regroupant plusieurs sous-champs telles la linguistique cognitive ou les neurosciences cognitives, tandis que le sous-champ interdisciplinaire “neurolinguistique cognitive” réunirait deux champs plus généraux.<sup>10</sup>

Le formalisme développé ici pourra néanmoins s’appliquer également à d’autres instances de la cognition distribuée, telles que l’élaboration collaborative de contenu sur les “wikis”, plates-formes interactives auxquelles tout usager peut en principe contribuer (l’exemple le plus célèbre et probablement le plus abouti étant l’encyclopédie multi-lingue *Wikipedia* (Bryant *et al.*, 2005)) ou encore le développement de logiciels en “open-source”, où des communautés de programmeurs s’associent en vue produire du logiciel libre de manière distribuée (Conein, 2004b). L’organisation globale de ces projets — la “wikisphere”, pour les wikis (Roth, 2007) ; l’ensemble des logiciels en développement, pour l’“open-source” — tout comme leur organisation interne — avec les divers sous-projets liés à la création de catégories d’articles ou de fonctionnalités — s’accorde avec l’argument développé jusqu’ici : sites, pages

<sup>10</sup>Dans notre exemple Fig. 1,  $x$  correspondrait ainsi à “linguistique”,  $y$  à “sciences cognitives” et  $z$  à “neurosciences”.  $A$ ,  $B$  et  $C$  représentent les divers groupes de chercheurs impliqués.

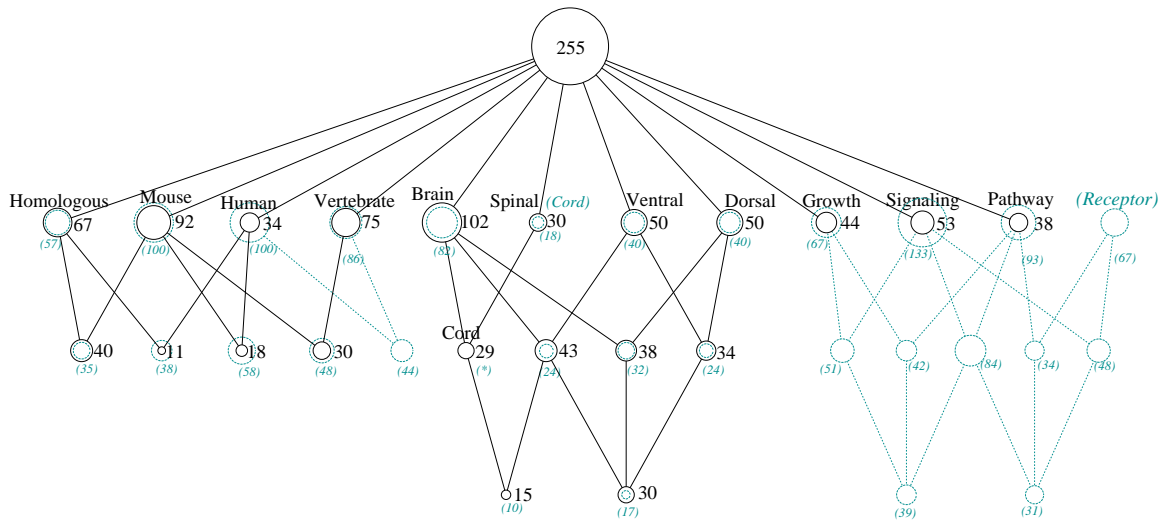


FIG. 2 – Treillis (tronqué) correspondant à la structure des CE au sein de la communauté “zebrafish” au cours de la période 1990-1995 sur un échantillon de 255 agents. En grisé et entre parenthèses, évolution du treillis au cours de la période 1998-2003. Chaque disque représente une CE, munie des concepts et du nombre d’agents la composant, ainsi que des relations de généralisation/spécialisation avec les autres CE : de la plus générale au sommet (regroupant tous les agents, sans aucun concept en commun sinon bien entendu celui de *zebrafish*, non représenté ici) à des communautés plus spécifiques comme, en bas, “(Brain, Ventral, Spinal, Cord ; <15 agents>)”.

web, créations électroniques et discussions en ligne remplaçant revues, articles et conférences en tant qu’artefacts et événements de coordination.

## 4.2 La structure de la communauté “zebrafish”

Après avoir construit le réseau épistémique en agrégeant les associations entre agents et concepts se produisant au cours d’une période donnée, nous pouvons extraire l’ensemble des CE et les ordonner au sein d’un treillis, comme l’illustre la Fig. 2. Nous utilisons ici un treillis tronqué regroupant les communautés considérées comme les plus notables suivant un critère de pertinence fondé essentiellement sur la taille et le degré de généralité des CE<sup>11</sup>, afin de ne pas surcharger la représentation ; il reste toutefois possible à tout moment, si besoin, de détailler davantage ce diagramme.

Nous nous intéressons d’abord à la structure de la communauté pendant les années 1990-1995, qui correspond à la période où le *zebrafish* a commencé à susciter un intérêt marqué de la part des embryologistes. Le treillis représente ainsi la distribution des thématiques pendant l’émergence de ce champ de recherche. On distingue deux sous-thèmes majeurs, complétés par un troisième thème sensiblement moins saillant à cette époque. Le premier thème renvoie aux études comparatives : le *zebrafish* en tant qu’animal-modèle exhibe des similarités avec d’autres vertébrés, en particulier l’homme et la souris, avec qui il possède des gènes homologues ; ce champ est décrit dans la partie gauche du diagramme. Deuxièmement, l’étude du cerveau et du système nerveux occupe un nombre important d’agents,

<sup>11</sup> A priori, une CE correspondant à un champ notable et/ou plus général a de fortes chances d’être davantage peuplée et/ou proche du sommet — cf. (Roth & Bourguin, 2006; Kuznetsov *et al.*, 2007), où d’autres études de cas sont par ailleurs détaillées.

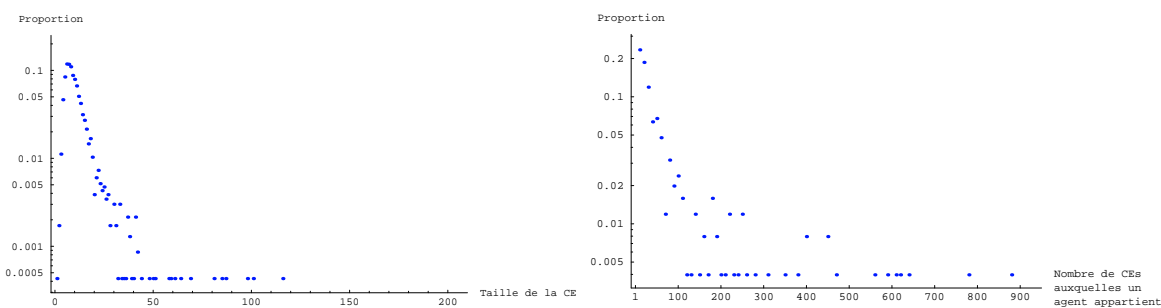


FIG. 3 – À gauche : distribution du nombre d’agents par CE. À droite : distribution du nombre de CEs par agents. Les ordonnées correspondent aux proportions de CEs (resp. d’agents) possédant le nombre d’agents donné en abscisses (resp. appartenant au nombre de CEs donné en abscisses).

notamment en association avec l’étude de la moelle épinière (“*spinal cord*”) et les aspects ventraux et dorsaux du développement embryonnaire. Enfin une partie de la communauté, amenée à croître dans les années postérieures, s’intéresse aux mécanismes liés aux messages biochimiques influençant la croissance de l’embryon (“*signaling*”, “*pathway*” et “*growth*”). Cette distribution des thématiques au sein de la communauté est confirmée par des experts du champ (Roth & Bourguine, 2006).

Par ailleurs, la distribution des populations des CEs (Fig. 3) fait apparaître une proportion importante de CEs de petite et de moyenne tailles, ainsi qu’un certain nombre de communautés de plus grande taille, parmi les plus intéressantes et que le treillis Fig. 2 représente principalement. Inversement, la distribution du nombre de CEs auxquelles chaque agent appartient montre que de nombreux agents participent à plusieurs communautés simultanément — 80% d’entre eux environ participent à au moins dix CEs. Ces statistiques illustrent et accréditent ainsi l’argument de la distribution des agents sur les thématiques et réciproquement (Sec. 3.2).

Ces résultats dans l’ensemble confirment ainsi H1. Par contraste, l’analyse des collaborations scientifiques à des fins de catégorisation (qui est l’objet des études scientométriques traditionnelles et qui s’appuie sur des données de co-citation (McCain, 1986) ou de co-occurrence (Callon *et al.*, 1986)) ne permet pas pour autant d’exhiber conjointement et simultanément communautés d’agents et de thématiques, soit ce type de communautés épistémiques. Elle échappe ainsi rarement à une approche partitionnaire et non-hiérarchique, où agents et concepts ne peuvent appartenir qu’à une seule communauté à la fois.

## 5 Émergence et consolidation de repères de coordination

### 5.1 Les CEs comme frontières

Ce type de représentation permet donc de rendre compte de la structure du réseau épistémique. Au-delà d’une simple description, il s’agit à présent d’appréhender formellement l’effet cognitif et social de cette structure sur la façon même dont les réseaux épistémiques s’organisent (seconde hypothèse, H2, Sec. 2.1), en mettant l’accent sur la tension entre deux phénomènes :

- (i) D'une part, nous l'avons souligné, l'agencement des CE provient pour partie des structures strictement épistémiques et cognitives (Atran, 1998) : les centres d'intérêts s'organisent d'abord en fonction de la pertinence des catégories en question. Trivialement, il est par exemple plus probable de recourir à la théorie des graphes qu'à la chimie minérale dans l'étude des interactions sociales.
- (ii) D'autre part, les communautés épistémiques s'organisent aussi partiellement en fonction de processus sociaux. Longino (1995) suggère notamment que le caractère social des critères normatifs de la connaissance, définissant ce qu'est un concept intéressant ou une proposition valide, influe *in fine* sur l'organisation des groupes.

A l'instar de Kitcher (1995), qui affirme que le savoir individuel s'accorde essentiellement au savoir présent dans la communauté, il s'agit de relâcher l'idée selon laquelle l'individu est l'acteur primaire, voire unique, de la structuration des connaissances. En formalisant les différents niveaux de regroupement des agents autour de thématiques communes, les CE incarnent précisément les agrégats socio-cognitifs qui, devenus frontières, peuvent apparaître aux agents comme des catégories cognitives et sociales (Abbott, 1995). En d'autres termes, si les agrégats cognitifs facilitent la création d'objets sociaux et si, symétriquement, les agrégats sociaux facilitent la création d'objets cognitifs, la CE est fondamentalement le modèle de ces repères de coordination qui émergent dans la communauté entière.

## 5.2 Stabilité dynamique des CE, stabilité dynamique des frontières

Pour autant, toutes les CE ne sont pas identiquement pertinentes pour incarner une catégorie ou définir une frontière : par exemple, un unique agent ayant un ensemble original de centres d'intérêts pourrait ainsi constituer à lui seul une CE ; il n'est cependant pas certain que cette CE soit aisément reconnue comme objet social, nommable. Il faut alors préciser quels critères formels de pertinence permettent de désigner les CE susceptibles de définir une frontière : mentionnons par exemple et entre autres la taille, utilisée précédemment (Sec. 4.2), ou bien la "stabilité", soit le degré auquel une CE peut dépendre de la présence de certains membres ou non (Kuznetsov *et al.*, 2007).

Un autre critère relève tout simplement de la stabilité temporelle. Citons Abbott (1995) à nouveau, qui caractérise ainsi la notion d'entité sociale :

*"(...) what distinguishes entities is their property of repetition, of being events that keep happening the same way."* (Abbott, 1995, p. 873)

Il s'agirait ainsi de mettre en évidence la stabilité dynamique de la répartition des tâches cognitives comme critère majeur de la définition des frontières au sein de la communauté.

Ceci fait doublement sens. D'abord, la cognition distribuée est essentiellement diachronique, comme l'est sa description : le treillis de notre étude de cas n'a ainsi pu être construit qu'à partir de données agrégées sur une certaine durée, c'est-à-dire qu'il ne s'agit déjà plus d'une représentation statique. Mais surtout, il faut remarquer que les CE sont définies par la co-occurrence entre agents et concepts puis, dans une perspective dynamique, par leur *co-évolution*. Or, les catégories cognitives et groupes sociaux sous-tendant ces communautés sont eux-mêmes en co-évolution avec des institutions de cognition distribuée, qui bénéficient presque par définition d'une certaine stabilité temporelle : revues, facultés, disciplines, dans le cas de la production scientifique ; "portails" et sites, dans le cas de la production collaborative en ligne (qu'il s'agisse d'un simple wiki comme de la "wikisphère" en général) ;

projets, logiciels et ensembles de logiciels, dans le cas du développement de programmes *open-source*.

Qu'en est-il concrètement ? Revenons au treillis de la Fig. 2 où est représenté, en plus de la première période (1990-1995), l'état de la communauté durant une seconde période s'étalant de 1998 à 2003 ; il s'agit du treillis grisé superposé au premier treillis. La croissance de la population étant de l'ordre de 900% (l'on passe de 1094 à 9684 agents), les deux treillis ont été élaborés à partir d'un échantillon de taille identique pour les deux périodes (255 agents). Ceci permet de décrire les proportions relatives des thématiques au sein de la communauté, plutôt que le nombre absolu d'agents présent dans chaque CE. Il est ainsi aisé de comparer les deux structures longitudinalement.

La structure de la communauté *zebrafish* exhibe effectivement une remarquable stabilité dynamique : la plupart des CEs conservent la même importance au sein de la communauté, à l'exception du renforcement significatif des thèmes liés aux mécanismes de la croissance embryonnaire ("*signaling*", "*pathway*", "*growth*", ainsi que "*receptor*" qui, avec 28 agents, ne figurait pas dans le treillis tronqué de la première période). Ce qui surprend ici n'est pas tant la persistance de l'association de tel concept avec tel autre que la pérennité de la répartition des centres d'intérêts d'une période à l'autre : en une dizaine d'années en effet, malgré une augmentation massive de la population, le treillis global semble n'avoir été que légèrement perturbé par l'arrivée de nouveaux thèmes ; le nombre absolu de membres de la plupart des CEs étant relativement proportionnel à la population totale dans chacune des deux périodes. Plus largement, ceci démontre la robustesse des processus de cognition distribuée, en dépit du remplacement massif des agents — à peine plus du tiers des agents de la première période sont encore présents une décennie plus tard — et de leurs déplacements entre CEs au travers des diverses collaborations.<sup>12</sup>

### 5.3 Le rôle des artefacts

Notre formalisme semble ainsi mettre en évidence la pérennité de la distribution des tâches cognitives, à un niveau relativement macroscopique. Quelle explication donner à cette stabilité ? Il faut probablement se pencher sur les éléments les plus stables de ces réseaux, c'est-à-dire revenir aux artefacts et aux processus de synchronisation qu'ils induisent, soit "les aides externes de la cognition ou les deux versants de la distribution" (Conein, 2004a).

Les CEs, regroupements à la fois sociaux et cognitifs, sont en effet concrètement et fondamentalement révélées par les liens artefactuels (en l'occurrence, dans notre exemple, la mobilisation de concepts au sein d'articles) qui proviennent de la production de la communauté, *publiquement* mise à disposition et permettant en retour la coordination des agents de manière décentralisée. Sans affirmer, bien entendu, que les agents ont explicitement accès à une structure semblable aux treillis que nous venons d'exhiber, il est toutefois raisonnable de supposer que ces regroupements soient perceptibles par les agents, au moins partiellement, à la manière d'une *folk taxonomy* (Berlin *et al.*, 1973).

Lorsque la structure des CEs n'est pas appréhendée en tant que telle par les agents, c'est-à-dire par les *repères implicites* que constituent l'affiliation conjointe de groupes d'individus à certains groupes de concepts, la synchronisation reste encouragée par des artefacts de type

---

<sup>12</sup>Un phénomène analogue est décrit par Lazega *et al.* (2006) lorsqu'ils montrent que l'existence d'un groupe informel d'agents de référence, au sein du réseau de conseils entre juges d'un tribunal de commerce, n'est pas remise en cause par le renouvellement de ses membres au cours du temps.

institutionnel, c'est-à-dire des *repères explicites*, qui concourent ainsi également à l'émergence puis à la stabilisation des CEs : conférences et revues thématiques, instituts consacrés à un certain champ d'étude, disciplines dans le domaine scientifique, medias et plates-formes interactives pour le travail collaboratif en ligne. Ces artefacts sont ici hors de notre champ d'étude — ils sont apparemment exclus du réseau épistémique — même si l'on peut, en première approximation, considérer qu'ils coïncident avec les CEs les plus peuplées, en tant que CEs représentatives d'agrégats socio-cognitifs cristallisés.

#### 5.4 Stratégies de collaboration

Ainsi, le caractère *stigmergique*<sup>13</sup> des artefacts produits et donc la possibilité pour tous de prendre connaissance de la structure de la communauté entière, dans une certaine mesure et de diverses manières, semblent avoir un impact crucial sur les rapprochements entre agents à des fins de production et, de fait, sur l'organisation même de la distribution des tâches. Si les raisons "naturelles" du regroupement et du succès de certains concepts sont imperméables à l'explication sociologique parce qu'essentiellement indécidables (Lane & Maxfield, 2005), le comportement des agents reste en effet le principal moteur de l'évolution des communautés épistémiques. Dès lors, après avoir insisté sur la dualité entre agents et concepts dans les CEs, il faut finalement rappeler l'asymétrie de notre approche, du côté social, en nous intéressant en particulier aux stratégies d'interactions entre agents.

**Interactions intra- ou inter-communautaires ?** La participation conjointe à l'élaboration d'un artefact (co-rédaction d'articles) témoigne du processus local de production de connaissances au sein du réseau épistémique. Plus précisément, en invoquant le réseau social des collaborations, il est possible de suivre dynamiquement les comportements d'interaction préférentielle et évaluer notamment divers types d'homophilie.

Il s'agit pour cela de mesurer à quel point les interactions entre certains types d'acteurs se produisent davantage lieu dans le cas empirique que si elles étaient absolument aléatoires (i.e. si les propriétés des acteurs n'avaient aucune influence sur leur probabilité). On calcule ainsi une propension d'interaction préférentielle (Roth, 2005) : si la propriété considérée n'a pas d'influence sur les stratégies d'interactions, la mesure doit rester constante quelle que soit la valeur de propriété. Toutes choses égales par ailleurs, le cas contraire indique un phénomène d'homophilie ou d'hétérophilie. Nous avons ainsi tracé sur la Fig. 4 cette propension en fonction de la similarité des bagages conceptuels des agents qui interagissent, ce qui revient à évaluer l'homophilie sémantique entre agents. On voit ici que la propension d'interaction est clairement décroissante en fonction de la distance sémantique entre agents : les stratégies individuelles favorisent ou (indifféremment) donnent la faveur à des collaborations entre agents partageant de nombreux concepts — il s'agit donc *a minima* de membres de communautés épistémiques similaires — *mais pas trop*. Ces interactions témoignent en effet d'un goût pour une certaine dissimilarité, comme l'indique le "plateau" observé sur le graphique.

---

<sup>13</sup>Au sens où les agents laissent des "traces" et créent une structure externe qui en retour, diachroniquement, les influence — de la même manière que Karsai & Penzes (1993) décrivent le travail des guêpes construisant leur nid et dont la structure influence en retour le travail des autres guêpes, ou bien au sens de la généralisation par Theraulaz & Bonabeau (1995) dans le cas d'agents produisant des structures externes, stigmergiques qui modifient leurs actions.

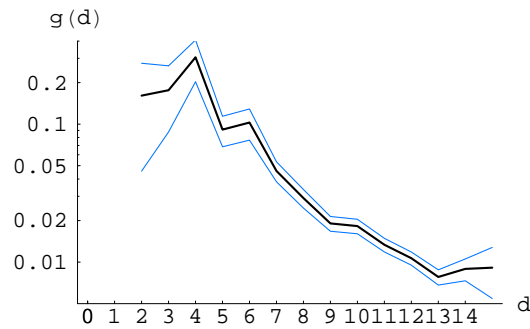


FIG. 4 – Mesure de l’homophilie sémantique : propension à l’interaction en fonction de la distance sémantique  $d$  des agents de la dyade. La distance  $d$  prend ses valeurs entre 0 et 15, 0 correspondant l’égalité des bagages conceptuels entre agents et 15 une totale disjonction. Schématiquement, la courbe prend des valeurs similaires pour les distances 2 à 6, puis décroît exponentiellement ensuite.

Très probablement, les collaborations n’ont donc pas systématiquement lieu entre membres de CE identiques : il existe ainsi une tension entre d’une part le renforcement des collaborations au sein d’une communauté, voire entre membres ayant déjà interagi une ou plusieurs fois (Newman, 2001), d’autre part l’extension des collaborations vers l’extérieur de la communauté, et enfin la dérive endogène des membres de la CE vers de nouvelles thématiques plus pertinentes (au sens large, i.e. cognitivement ou socialement), comme en témoignent les glissements thématiques observés en seconde période pour la communauté *zebrafish*. Ces choix de coopération inter- et intra-communautaires mettent en évidence une certaine interdépendance cognitive entre agents, au moins partielle, validant l’argument de Conein (2004b) selon lequel, au sein des CE, “[p]eu d’agents vont s’engager au delà de coopérations locales dans des coopérations régulières à des échelles intermédiaires s’ils ne peuvent échanger sur une base minimale de similarité sociale avec des partenaires poursuivant des objectifs communs. Toute communauté épistémique repose sur un accroissement en parallèle des coopérations entre les agents et de la circulation des connaissances entre pairs.”

S’il est ainsi démontré que le choix s’opère en fonction de similarités *et* dissimilarités cognitives, il ne s’agit pas de se prononcer sur les motivations profondes des agents à poursuivre ce type de collaboration (affinités épistémiques, volonté de diversification dans la continuité, etc.). Il ne s’agit pas non plus d’affirmer que la seule homophilie sémantique importe, même si, du fait de notre approche, nous assumons une relative indifférence vis-à-vis de certains éléments du contexte d’élaboration des savoirs. En d’autres termes, d’autres critères que cette homophilie peuvent certes jouer — critères liés par exemple à la réputation et à l’enchassement des individus au sein de groupes locaux (équipe de recherche, laboratoire) ou à leur poursuite de stratégies telles que celles que détaille notamment Knorr-Cetina (1982), ou bien encore à des phénomènes très macroscopiques liés aux “sur-disciplines” dans lesquelles les agents évoluent.<sup>14</sup> Nous affirmons ainsi que, *toutes choses égales par ailleurs*, le comportement mis en évidence précédemment souligne le rôle *très sensible* que peuvent jouer les agrégats socio-cognitifs, sans préjuger de l’effet conjoint mais potentiellement orthogonal d’autres critères. D’autre part, l’appartenance simultanée des agents à plusieurs CE comme

<sup>14</sup>En particulier, l’importance prise en seconde période (1998–2003) par les thématiques liées au rôle des messagers dans le développement du *zebrafish* — *signal, pathway, receptor* — peuvent effectivement s’expliquer par une mode plus globale autour de ces thématiques, à cette époque, en biologie moléculaire

leurs collaborations au sein, à la frontière et en dehors des CEs ainsi définies ne semblent pas contredire l'existence des "arènes transépistémiques de la recherche" qu'exhibe, à nouveau, Knorr-Cetina (1982).

**L'horizontalité de notre réseau épistémique.** Agents puis savoirs circulent ainsi horizontalement, entre communautés épistémiques semblables et "proches" dans le treillis, mais distinctes. Ce résultat souligne finalement un des aspects les plus structurels de ces réseaux de savoirs : la distribution de manière horizontale, sur le réseau social, (i) des savoirs, (ii) de leur production, (iii) de leur diffusion et, (iv) *in fine* de leur évolution. Ce retour au niveau des interactions dyadiques, via la description de l'activité *au niveau des agents*, permet ainsi de valider H2, puis de confirmer H3 en soulignant en particulier le rôle des artefacts dans la stabilité dynamique des structures, conjointement avec l'argument développé dans la sous-section précédente (Sec. 5.2).

Il faut néanmoins noter, à nouveau, que notre formalisme prête une attention réduite à l'agencement et aux relations sociales *au sein* des CEs. Il s'agit de reconnaître une faiblesse potentielle dans la possibilité d'analyser les hiérarchies entre chercheurs au sein des CEs — par exemple, l'hétérogénéité du capital relationnel des acteurs dans le réseau strictement social comme dans le réseau épistémique tout entier (Roth, 2006) — puisque notre travail porte ici volontairement sur les phénomènes structurels à grande échelle, davantage dans le but de délimiter les champs et de déterminer en quoi il est possible de rapprocher ces délimitations de l'action individuelle, que dans le but de regarder en détail la structure même de chaque CE ; qui pourrait à présent faire l'objet d'un travail plus approfondi.

Avec le seul réseau épistémique l'on peut toutefois déjà ébaucher le contour de quelques-uns de ces processus intra-communautaires : nous l'avons vu dans le cas du choix des collaborations, mais nous pourrions aussi identifier des individus remarquables parmi les CEs les plus peuplées, ou en forte croissance. Si en effet certains agents occupent une place prépondérante dans la communauté — s'ils sont par exemple les meneurs d'une école de pensée, fréquemment cités, dont la terminologie a tendance à se propager dans l'ontologie du paradigme, dont les thématiques suscitent de l'intérêt — il serait alors naturel de les retrouver comme membre d'une CE de taille importante, voire, diachroniquement, comme "premiers membres" de ces CEs. Notre étude ne va pas à ce niveau de détail, mais devrait probablement faciliter sensiblement la résolution de ce type de problème. Par ailleurs, il serait probablement intéressant de porter l'étude à d'autres cas — si le cadre théorique est en effet tout à fait général, la validité des résultats obtenus se limite pour le moment à la communauté *zebrafish* et il serait utile de les confronter à d'autres cultures épistémiques (Knorr-Cetina, 1999).

## 6 Conclusion

La notion de communauté épistémique comme simple regroupement d'agents et de concepts peut ainsi constituer l'élément à la fois central et liminaire d'une formalisation de la cognition distribuée. Après avoir montré en quoi une représentation duale et latticielle de ces communautés permettait d'appréhender la structure de répartition sociale des tâches cognitives, nous avons indiqué que les CEs pouvaient contribuer à définir des entités et des frontières au sein d'un réseau épistémique. Nous avons ainsi pu établir le rôle des CEs dans



la perception et l'organisation même des catégories de savoirs et des communautés d'agents. Plus précisément, nous avons suggéré que la stabilité dynamique de ces regroupements permettait non seulement d'identifier les CEs les plus à même de constituer une entité socio-cognitive perceptible par les agents, mais préfigurait aussi la pérennité des opérations de cognition distribuée au sein du réseau. Soulignant le rôle des artefacts dans la coordination au sein des CEs et leur co-évolution avec ces mêmes entités, nous avons ainsi mis en évidence à la fois la stabilité de la distribution des champs de savoirs et leur évolution. Afin de formaliser les facteurs déterminant cette dynamique, nous avons vu qu'il pouvait être utile d'adopter de nouveau un point de vue principalement social, en mettant à jour certains mécanismes de coopération qui animent les réseaux épistémiques. Tout en soulignant l'apport des artefacts à la coordination de l'action, il ne s'agit pas pour autant de confondre ceux-ci avec la relation plus fondamentale qui lie agents et concepts dans les communautés de savoirs : nous avons finalement pu suggérer que les stratégies locales de collaboration, relevant d'une certaine homophilie conceptuelle et associant CEs similaires mais distinctes, pouvaient être à l'origine de la relative stabilité temporelle des activités de cognition distribuée. Cette stabilité apparaît finalement comme fortement liée au comportement d'interaction des agents, l'appartenance aux CEs étant renforcée par le choix de collaborateurs appartenant à des CEs proches.

## Références

- A. Abbott (1995). Things of boundaries. *Social research*, **62**(4), 857–882.
- S. Atran (1998). Folk biology and the anthropology of science : Cognitive universals and cognitive particulars. *Behavioral and Brain Sciences*, **21**, 547–609.
- S. Atran (2003). Théorie cognitive de la culture, une alternative évolutionniste à la sociobiologie et à la sélection collective. *L'homme*, **166**.
- M. Barbut and B. Monjardet (1970). *Algèbre et combinatoire*. Vol. II. Paris : Hachette.
- B. Berlin, D. E. Breedlove, and P. H. Raven (1973). General principles of classification and nomenclature in folk biology. *American anthropologist*, **75**(1), 214–242.
- R. L. Breiger (1974). The duality of persons and groups. *Social forces*, **53**(2), 181–190.
- S. L. Bryant, A. Forte, and A. Bruckman (2005, Nov 6-9). Becoming wikipedian : Transformation of participation in a collaborative online encyclopedia. In : *Group'05, Sanibel Island, FL, USA*.
- M. Callon (2001). Les méthodes d'analyse des grands nombres. Contribuent-elles à l'enrichissement de la sociologie du travail ? *Pages 335–354 of : A. Pouchet (ed), Sociologies du travail : quarante ans après*. Paris : Elsevier.
- M. Callon, J. Law, and A. Rip (1986). *Mapping the dynamics of science and technology*. London : MacMillan Press.
- P. Cohendet, F. Créplet, and O. Dupouet (2001). *Economics with heterogeneous interacting agents*. Berlin : Springer. Chap. Organisational innovation, communities of practice and epistemic communities : the case of Linux, pages 303–326.
- P. Cohendet, A. Kirman, and J.-B. Zimmermann (2003). Émergence, formation et dynamique des réseaux – modèles de la morphogenèse. *Revue d'Economie Industrielle*, **103**(2-3), 15–42.

- B. Conein (2004a). Cognition distribuée, groupe social et technologie cognitive. *Réseaux*, **124**, 53–79.
- B. Conein (2004b). Communautés épistémiques et réseaux cognitifs : coopération et cognition distribuée. *Revue d'économie politique*, **113**, 141–159.
- R. Cowan, P. A. David, and D. Foray (2000). The explicit economics of knowledge codification and tacitness. *Industrial & corporate change*, **9**(2), 212–253.
- P. Flichy (2000). Internet or the ideal scientific community. *Réseaux*, **7**(2), 155–182.
- L. C. Freeman and D. R. White (1993). Using Galois lattices to represent network data. *Sociological methodology*, **23**, 127–146.
- R. Giere (2002). Scientific cognition as distributed cognition. *Pages 285–299 of* : P. Carruthers, S. Stich, and M. Siegal (eds), *The cognitive basis of science*. Cambridge University Press.
- D. J. Grunwald and J. S. Eisen (2002). Headwaters of the zebrafish – emergence of a new model vertebrate. *Nature Reviews Genetics*, **3**(9), 717–724.
- P. Haas (1992). Introduction : epistemic communities and international policy coordination. *International organization*, **46**(1), 1–35.
- C. Heath and P. Luff (1994). Activité distribuée et organisation de l'interaction. *Sociologie du travail*, **36**(4), 523–542.
- E. Hutchins (2001). Distributed cognition. *Pages 2068–2072 of* : N. J. Smelser and P. B. Baltes (eds), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*. Elsevier.
- I. Karsai and Z. Penzes (1993). Comb building in social wasps : Self-organization and stigmergic script. *Journal of theoretical biology*, **161**(4), 505–525.
- P. Kitcher (1995). Contrasting conceptions of social epistemology. *Pages 111–134 of* : F. Schmitt (ed), *Socializing epistemology : The social dimensions of knowledge*. Lanham, MD : Rowman and Littlefield.
- J. T. Klein (1990). *Interdisciplinarity : History, theory, and practice*. Detroit, MI : Wayne State University Press.
- K. Knorr-Cetina (1982). Scientific communities or transepistemic arenas of research? A critique of quasi-economic models of science. *Social studies of science*, **12**(1), 101–130.
- K. Knorr-Cetina (1999). *Epistemic cultures : How the sciences make knowledge*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- T. S. Kuhn (1970). *The structure of scientific revolutions*. 2nd edn. Chicago, IL : University of Chicago Press.
- A. Kuper (2000). If memes are the answer, what is the question? *In* : R. Aunger (ed), *Darwinizing culture : The status of memetics as a science*. Oxford : Oxford University Press.
- S. Kuznetsov, S. Obiedkov, and C. Roth (2007). Reducing the representation complexity of lattice-based taxonomies. *Pages 241–254 of* : U. Priss, S. Polovina, and R. Hill (eds), *Conceptual Structures : Knowledge Architectures for Smart Applications : 15th Intl Conf on Conceptual Structures, ICCS 2007, Sheffield, UK*. LNCS/LNAI, vol. 4604. Springer.
- D. A. Lane and R. R. Maxfield (2005). Ontological uncertainty and innovation. *Journal of Evolutionary Economics*, **15**(1), 3–50.
- B. Latour (1989). *La science en action*. La Découverte.
- B. Latour and S. Woolgar (1988). *La vie de laboratoire – la production des faits scientifiques*. Sciences humaines et sociales. La Découverte.

- J. Lave and E. Wenger (1991). *Situated learning : Legitimate peripheral participation*. Cambridge : Cambridge University Press.
- E. Lazega, C. Lemercier, and L. Mounier (2006). A spinning top model of formal organization and informal behavior : dynamics of advice networks among judges in a commercial court. *European management review*, **3**, 113–122.
- H. E. Longino (1995). The fate of knowledge in social theories of science. *Pages 135–157 of* : F. Schmitt (ed), *Socializing epistemology : The social dimensions of knowledge*. Lanham, MD : Rowman and Littlefield.
- F. Lorrain and H. C. White (1971). Structural equivalence of individuals in social networks. *Journal of mathematical sociology*, **1**(49–80).
- K. W. McCain (1986). Cocited author mapping as a valid representation of intellectual structure. *Journal of the american society for information science*, **37**(3), 111–122.
- M. E. J. Newman (2001). Clustering and preferential attachment in growing networks. *Physical Review E*, **64**, 025102.
- A. K. Romney, J. P. Boyd, C. C. Moore, W. H. Batchelder, and T. J. Brazill (1996). Culture as shared cognitive representations. *PNAS*, **93**, 4699–4705.
- C. Roth (2005). Generalized preferential attachment : Towards realistic socio-semantic network models. *Pages 29–42 of* : *ISWC 4th Intl semantic web conference, Workshop on Semantic Network Analysis*. CEUR-WS Series (ISSN 1613-0073), vol. 171.
- C. Roth (2006). Co-evolution in epistemic networks – reconstructing social complex systems. *Structure and Dynamics : eJournal of Anthropological and related Sciences*, **1**(3), article 2.
- C. Roth (2007). Viable wikis – struggle for life in the wikisphere. *Pages 119–124 of* : R. Biddle (ed), *WikiSym 3rd Intl Symposium on wikis*. Montréal, Québec, Canada. ACM Press.
- C. Roth and P. Bourguine (2006). Lattice-based dynamic and overlapping taxonomies : The case of epistemic communities. *Scientometrics*, **69**(2), 429–447.
- J. G. Ruggie (1975). International responses to technology : Concepts and trends. *International organization*, **29**(3), 557–583.
- F. Schmitt (ed) (1995). *Socializing epistemology : The social dimensions of knowledge*. Lanham, MD : Rowman & Littlefield.
- G. Theraulaz and E. Bonabeau (1995). Modelling the collective building of complex architectures in social insects with lattice swarms. *Journal of theoretical biology*, **177**(4), 381–400.