

BULLETIN N° 102
ACADÉMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



Séance du Mardi 14 février 2006

**Conférence de notre Collègue Gérard LEVY, Professeur au CERIA,
Université Paris Dauphine
« Les fouilles de données (Data Mining) »**

Prochaine séance : le Mardi 14 mars 2006 à 18h :

**Conférence du Pr. PETITOT
Directeur du C.R.E.A.
«Emergence de la cognition sociale»**

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES
MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME

PRESIDENT : Michel GONDRAN
SECRETARE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN
SECRETARE GENERAL ADJOINT : Noëlle CAGNARD
TRESORIER GENERAL : Bruno BLONDEL
CONSEILERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUJJI.
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNOLOGIES : Pr. François BEGON
PRESIDENT DE LA SECTION DE NICE : Doyen René DARS

PRESIDENT FONDATEUR
 DOCTEUR Lucien LEVY (†).
PRESIDENT D'HONNEUR
 Gilbert BELAUBRE
SECRETARE GENERAL D'HONNEUR
 Pr. P. LIACOPOULOS

février 2006

N°102

TABLE DES MATIERES

- P. 3 Compte-rendu de la séance du 10 février 2006 avec la présentation par notre Collègue, le Pr. Gérard LEVY « *des fouilles de données* ».
- P. 4 Texte sur « Les fouilles de données » rédigé par le Pr. Gérard LEVY
- P. 9 Compte –rendu de la séance de la Section Nice-Côte d'Azur
- P. 11 Invitation du Pr. Christian HERVE à participer au *colloque international et interdisciplinaire sur le thème: « Normalité et Stigmatisation du Corps: Anthropologie, Ethique, Santé »- Programme du colloque*
- P.14 Documents

Prochaine séance : Mardi 14 mars 2006,
 MSH, salle 215 à 18h
 Conférence du Pr. PETITOT Directeur du C.R.E.A
 «**Emergence de la cognition sociale**»

**ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES
SCIENCES**

Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

*Séance du
Mardi 10 janvier 2006*

Maison des Sciences de l'Homme, salle 215, à 18 h.

La séance est ouverte à 18 h. 00 sous la Présidence de Michel GONDRAN et en présence de nos collègues H. AUBERT, G. BELAUBRE, M. BERREBY, B. BLONDEL, N. CAGNARD, J.-P. FRANCOISE, I. HERPE-LITWIN, G. LEVY, P. MARCHAIS, E. NUNEZ, J. POIRIER, A. STAHL

Michel GONDRAN ouvre la séance en donnant la parole au Pr. Hervé AUBERT de Toulouse qui a été élu membre actif le 14 décembre 2004 et qui est venu se présenter à nous.

Hervé AUBERT est Professeur à l'Institut National Polytechnique de l'Université Paul Sabatier de Toulouse et à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace. Il dirige le Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS) et des recherches sur diverses techniques utilisées dans l'industrie des télécommunications – micro-ondes, électromagnétisme, opto-électronique -.

Après cette brève présentation, un diplôme de membre actif est remis à notre collègue qui viendra prochainement nous développer un de ses thèmes de recherche.

Notre Président invite ensuite notre Collègue, le Pr. Gérard LEVY, à nous exposer les méthodes mathématiques de « Fouilles de données ou Data Mining en anglais. L'objet du « Data Mining » est d'essayer d'extraire des informations pertinentes à partir de masses de données en apparence amorphes ou déstructurées et ceci par des méthodes ne relevant pas des simples techniques statistiques impliquant la recherche de valeurs quantitatives moyennes et de variances. Les principaux initiateurs de ces techniques sont d'une part Rudolf WILLE et Bernhard GANTER pour l'analyse des concepts formels (FCA Formal Concept Analysis) et Rakesh AGRAWAL pour l'Exploration des données (KDD Knowledge discovery from Data) .

G. LEVY nous développe dans un premier temps les travaux de GANTER et WILLE basés sur l'utilisation des treillis de GALOIS.

Dans sa seconde partie G. LEVY nous expose la méthode d'AGRAWAL ou KDD qui permet de créer des liens d'association entre paquets de données.

Notre Collègue G. LEVY a eu l'amabilité de nous rédiger un texte relatif à cette recherche que nous publions p. 7.

Après la conférence du Pr. Gérard LEVY, le débat prend fin et la séance est levée à 20 heures.

Bien amicalement à vous,

Irène HERPE-LITWIN

Fouille de données

Conférence donnée par notre Collègue le Pr. Gérard LEVY

A l'époque où les ordinateurs nous submergeaient de listings, certains informaticiens se demandèrent si ces amas de papier n'étaient pas susceptibles de contenir des informations utiles. L'idée leur vint de développer des outils qui permettraient de rechercher et d'extraire automatiquement ces informations. Les tas de papier sont à présent recouverts par des fleuves de données qui circulent sur les réseaux. Et la même préoccupation apparaît de plus en plus essentielle, au point de constituer une branche à part et bien vivante de l'Informatique, qu'on nomme *data mining*.

Comme toujours en informatique, les problèmes revêtent au moins deux aspects :

- l'un qui est commun à tous les problèmes : comment véhiculer, stocker et retrouver les données . L'avènement des grandes bases de données a nécessité de développer des moyens matériels et logiciels très puissants et très rapides tels les silos de données , les systèmes de données distribués et extensibles, et tous les moyens de communication.

- l'autre spécifique au domaine, ici la fouille de données : comment traiter les informations, a suscité l'intérêt de chercheurs venant d'horizons très différents, notamment les statisticiens, les spécialistes en Analyse des données, ceux de l'Intelligence artificielle, et bien sûr, les algébristes et ceux qui font de l'algorithmique, certains chercheurs relevant de plusieurs spécialités.

Suivant l'origine et la sensibilité des scientifiques, les recherches en *data mining* se sont orientées dans les directions suivantes :

- FCA , Formal Concepts Analysis, voie initiée et tracée par R.WILLE et son équipe [4], qui cherche à extraire des concepts et des liens entre eux à partir d'un ensemble de données. (Voir exemple 1). Son approche est structuraliste et recourt aux correspondances et treillis de Galois pour construire les concepts et leurs liens.

- le Data Mining, au sens le plus courant, dont l'initiateur est AGRAWAL [5] , qui recherche dans un ensemble de transactions, les ensembles d'items les plus fréquents et fait apparaître des règles d'association entre eux. (Voir exemple 2, [6]) . Son approche est plus quantitative que celle du FCA . Cependant, d'un point de vue mathématique, les approches FCA et Data Mining se rejoignent, car, pour un même contexte, il existe un isomorphisme entre l'ensemble des concepts et celui des ensembles d'items fréquents et maximaux .

- KDD , Knowledge Discovery from Data, qui comme son nom l'indique, tente de faire émerger des connaissances de magmas de données.

La plupart des questions abordées par le *data mining* sont d'un faible intérêt mathématique, par exemple : « trouver tous les éléments de tel ensemble qui ont telle ou telle propriété ». La difficulté réside dans le fait que l'ensemble est souvent extrêmement vaste, et que la réponse doit être fournie rapidement !!!

Plusieurs algorithmes ont été proposés pour déterminer l'ensemble des concepts associés à un contexte donné.

Parmi eux figurent ceux de CHEIN, GANTER, BORDAT, NORRIS. S'y ajoutent les algorithmes « Close-By-One » (CBO, en abrégé) , ELL, acronyme de Emilion, Lévy, Lambert, [2], ainsi que ceux qui procèdent par partitionnement du contexte. On peut les classer suivant plusieurs propriétés [3]:

- les uns sont fondés sur un parcours de l'ensemble des objets ou individus, les autres sur une exploration de l'ensemble des attributs , comme celui de Ganter qui parcourt cet ensemble en ordre lexicographique ;

- certains procèdent par incrémentation ;

- certains comme celui de Bordat et ELL produisent, outre les concepts, les liens entre concepts et permettent de dessiner le treillis de Galois ;

- leur vitesse qui dépend de la densité de 1 dans le contexte .

Pour tenir compte de contextes de plus en plus volumineux, les travaux les plus récents concernent des versions parallélisables de ces algorithmes qui permettent de répartir le travail de production des concepts et des liens entre plusieurs processeurs. Outre celles qui recourent à une fragmentation du contexte, on trouve une extension de l'algorithme de Ganter qui s'appuie sur un partage en ordre lexicographique de l'ensemble des attributs, et une version de ELL, qui met à profit son caractère récursif pour partitionner l'ensemble des individus.

Les contextes habituels sont matérialisés par des tableaux rectangulaires dont les cases renferment des éléments de $\{0,1\}$ ou de $\{\text{Faux}, \text{Vrai}\}$. Ils ne permettent pas de représenter aisément et de traiter les problèmes qui relèvent de l'analyse symbolique des données. C'est pourquoi il a fallu envisager de recourir à des variables, plutôt qu'à des attributs, qui prennent leurs valeurs dans des ensembles plus généraux que $\{0,1\}$. On peut à présent utiliser des variables de type ordinal, ou de type intervalle, ou de type ensembliste, et même de type ensemble flou. Les algorithmes tels que ELL et CBO peuvent traiter de tels contextes, dans la mesure où chaque variable prend ses valeurs dans un inf-demi-treillis [1].

Références :

- [1] Diday. E, Emilion. R : treillis de Galois maximaux et capacités de Choquet. C.R.Acad.Sci. Paris, t.325, 1997, Série I, p.261-266.
- [2] Emilion. R, Lambert. G, Lévy. G : Algorithmes pour les treillis de Galois généraux. Indo-French Workshop, University Paris IX-Dauphine, 1997.
- [3] Kuznetsov. S, Obedkov. S : Comparing performance of algorithms for generating concepts lattices. JETAI 14 (2002), 189- 216.
- [4] B. Ganter, R. Wille : Formal Concept Analysis . Mathematical Foundations. Springer-Verlag, Berlin 1999.
- [5] Agrawal. R, Skirant. R : Fast algorithms for mining association rules . In : Proceedings of the 20 th International Conference on Very Large Data Bases, Santiago, Chile, (1994), 478-499.
- [6] Zaki. M : Mining Non-Redundant Association rules . In : Data Mining and Knowledge Discovery (2004), 223-248.

Exemple 1 : Analyse des concepts formels .

On a un ensemble $I = \{1, \dots, m\}$ d'objets et un ensemble $J = \{1, \dots, n\}$ d'attributs. Chaque objet i est décrit par les attributs j qu'il possède. L'ensemble des descriptions est réuni dans un tableau rectangulaire $m \times n$ qu'on appelle un contexte. Dans chaque ligne i et chaque colonne j on met une croix x si l'objet i a l'attribut j . Ici $m=4$, $n=4$, les objets sont des figures géométriques Carré, Rectangle, Triangle rectangle, et Triangle équilatéral, les attributs sont a =avoir 4 côtés, b = avoir 3 côtés, c = avoir un angle droit, d = avoir tous ses côtés de même longueur.

	A= 4 côtés	B= 3 côtés	C= 1 angle droit	D=tous côtés égaux
1 : carré	X		X	X
2 : rectangle	X		X	
3 : triangle rectangle		X	X	
4 : triangle équilatère		X		X

Soient $E =$ ensemble des parties de I , $F =$ ensemble des parties de J . On définit $d : I \rightarrow F$ qui associe à chaque objet i sa description $d(i) = \{j \in J : i \text{ a l'attribut } j\}$. Soient $f : E \rightarrow F$ et $g : F \rightarrow E$, les applications telles que

pour tout ensemble X d'objets, $f(X) =$ ensembles des attributs communs à tous les i de $X =$ intention de X ;

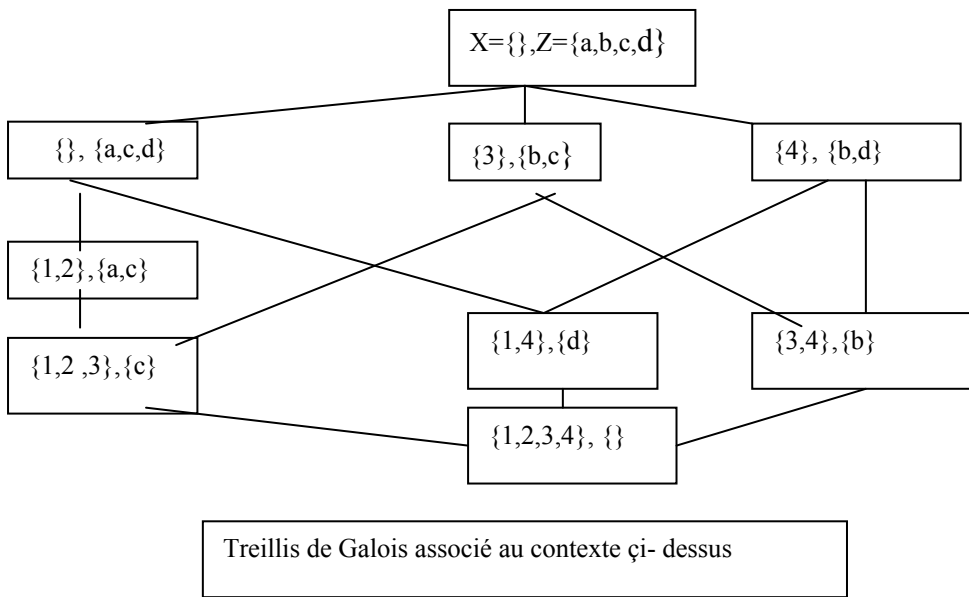
pour tout ensemble Z d'attributs, $g(Z) =$ ensemble des objets qui ont tous les attributs de $Z =$ extension de Z .

Un concept est un couple (X, Z) tel que $Z = f(X)$ et $X = g(Z)$.

Le premier problème du FCA consiste à déterminer tous les concepts qu'on peut extraire de tout contexte C .

On peut munir l'ensemble T des concepts $(X, Z), \dots, (X', Z')$ de la relation définie par $(X, Z) \leq (X', Z')$ si et seulement si $X \subseteq X'$ et $Z' \subseteq Z$. Il s'avère que \leq est une relation d'ordre et que $\langle T, \leq \rangle$ est un treillis, qu'on appelle le treillis de Galois associé au contexte.

Le second problème du FCA consiste à déterminer le treillis associé à tout contexte C .



Exemple 2 : Data Mining (emprunté à [4]) .

On a un ensemble d'items $J=\{A,C,D,T,W\}$ et un ensemble de transactions $t(i)$, $i \in I=\{1,\dots,m\}$, $m=6$. Chaque transaction $t(i)$ est un sous-ensemble de J , c'est l'ensemble des items achetés par i . L'ensemble des transactions est décrit par un tableau rectangulaire, chaque ligne i représentant la transaction $t(i)$, avec une x dans la colonne de chaque item qui figure dans $t(i)$.

	A	C	D	T	W
1 , t(1)	X	X		X	x
2, t(2)		X	X		x
3, t(3)	X	X		X	x
4, t(4)	X	X	X		x
5, t(5)	X	X	X	X	x
6, t(6)		X	X	X	

Soient E l'ensemble des parties de I , et F celui des parties de J . On a $\forall i \in I, t(i) = \{j \in J : j \in t(i)\}$. On définit les applications $f : E \rightarrow F$ et $g : F \rightarrow E$ comme suit :

Pour chaque ensemble X de transactions ,

$f(X)$ = ensemble des items communs à toutes les transactions de X = intersection des $t(i)$, pour $i \in X$;

Pour chaque ensemble Z d'items , $g(Z)$ = ensemble des transactions qui contiennent tous les items de Z .

On définit le support $s(Z)$ de Z comme le nombre d'éléments de $g(Z)$, soit $s(Z)=|g(Z)|$.

Pour tout seuil σ compris entre 0 et 1, on dit qu'un ensemble Z d'items est fréquent si $s(Z)/ m \geq \sigma$.

Le premier problème du data mining est de trouver les ensembles d'items fréquents.

Soient Z et Z' deux ensembles disjoints d'items . On définit la règle d'association $r : Z \rightarrow Z'$, avec support de $r = s(r) = s(Z \cup Z')$, et crédibilité de $r = p(r) = s(Z \cup Z') / s(Z)$.

(c'est la probabilité conditionnelle d'acheter Z' sachant qu'on a acheté Z).

Pour tous seuil π compris entre 0 et 1, on dit que r est crédible ou fiable si $p(r) \geq \pi$.

Le second problème du data mining est de trouver les règles d'association r dont le support et la crédibilité soient suffisamment grands.

Pour le tableau de transactions ci-dessus, et pour $\sigma = 0.50$, on voit que $\{A, T\}, \dots, \{A, C, T, W\}$ sont fréquents.

Pour $\pi = 0.80$, et $\sigma = 0.50$, on voit que $r : W \rightarrow A$, et $r' : CW \rightarrow A$, sont des règles satisfaisantes.

En effet, pour r' , on a $Z = \{C, W\}$, $Z' = \{A\}$, $g(Z \cup Z') = g(\{A, C, W\}) = \{t(1), t(3), t(4), t(5)\}$, $|g(Z \cup Z')| = 4$,

$s(r') = 4/6 > \sigma$, et $g(Z) = g(\{C, W\}) = \{t(1), t(2), t(3), t(4), t(5)\}$, $|g(Z)| = 5$, et $p(r') = 4/5 = 0.80 = \pi$.

Comptes-rendus de la Section Nice-Côte d'Azur

Le savoir est le seul bien qui s'accroisse à le partager. Comprendre est bien sans limite qui apporte une joie parfaite.
Baruch SPINOZA (1632-1677)

Compte-rendu de la séance du 19 janvier 2006 (90^{ème} séance)

Présents :

Jean Aubouin, Alain Bernard, Sonia Chakhoff, Pierre Couillet, Patrice Crossa-Raynaud, Guy Darcourt, René Dars, Jean-Pierre Delmont, Jean-Paul Goux, Jacques Lebraty, Maurice Papo, Jacques Wolgensinger.

Excusés :

René Blanchet, Yves Ignazi, Jean Jaubert, Michel Lazdunski, Jean-François Mattéi, Alexandre Sosno.

1- Approbation du compte-rendu de la 89^{ème} séance.

Le compte-rendu est approuvé sans modification à l'unanimité des présents.

2- Le mois écoulé.

Il est prévu deux journées de l'Académie des Sciences de Paris à l'Université de Nice-Sophia Antipolis, qui auront lieu le 30 et le 31 mai prochains. Au programme : le premier jour, au théâtre du château de Valrose, deux conférences sur les sciences de l'Univers le matin, et deux de biologie l'après-midi. Après le dîner, il y aura une séance grand public, Cours Saleya, sur « l'arc-en-ciel » organisée par Pierre Couillet.

Le lendemain matin, à l'E.S.S.I. à Sophia Antipolis, quatre conférences sur les relations entre les mathématiques et l'informatique.

*Le Laboratoire d'Ethique Médicale de l'Université Paris V,
L'UMR 6578 (CNRS-Université de la Méditerranée),
Le Laboratoire Psychanalyse et Pratiques Sociales de l'Université Paris VII*

Annoncent un colloque international et interdisciplinaire sur le thème:

**Normalité et Stigmatisation du Corps:
*Anthropologie, Ethique, Santé***

Nous avons donc le plaisir de vous y convier

Faculté de Médecine, Salle du Conseil, 12, rue de l'Ecole de Médecine 75006 Paris
Le mercredi 5 avril 2006 de 9h à 18h

Dans l'attente de votre réponse par retour de mail,

Recevez l'expression de mes salutations distinguées.

Pr Christian HERVE

PROGRAMME

Normalité et Stigmatisation du Corps: *Anthropologie, Ethique, Santé*

Faculté de Médecine, Salle du Conseil, 12, rue de l'Ecole de Médecine 75006 Paris
Le mercredi 5 avril 2006 de 9h à 18h

Matin

9h Allocutions d'ouvertures de Messieurs Jean-François Dhainaut (Président de l'Université Paris V) et Benoît Eurin (Président de l'Université Paris VII)

Anthropologie corporelle des normes

Président de séance: Christian Hervé (Paris)

9.15 Jacques Rozenberg (Paris, Marseille) : L'anthropologie corporelle comme paradigme interdisciplinaire

9.35 Gilles Boëtsch (Marseille) et Dominique Chevé (Marseille) : Craniométrie et constitution des normes

9.55 Antonio Guerci (Gênes) : Normalité, normes, normativité. Anthropologie physique des corps-autres

10.15 Jean Pierre Albert (Toulouse) : L'odeur des autres. A propos de quelques stéréotypes

10.35 **Débat**

11.05 **Pause**

Ethique et théories du corps

Président de séance: Gilles Boëtsch (Marseille)

11.20 Philippe Caspar (Bruxelles) : Le corps souffrant : place de cette thématique dans un projet global d'anthropologie tripartite

11.40 Bernard Andrieu (Nancy) : Le genre mutant: le sujet corporel et la tentation d'une anthropologie bioculturelle

12h André Giordan (Genève) : Apprendre le corps ?

12.20 Jean-Jacques Wunenburger (Lyon) : Plasticité et orthopraxie du corps, rationalité et imaginaires culturels

12.40-13.10 **Débat**

Après-midi

Le corps et ses fantasmes hors normes

Président de séance: Antonio Guerci (Gênes)

14.30 David Le Breton (Strasbourg) : Les attaques au corps comme anthropologiques, et non comme pathologies

14.50 Jean Christophe Coffin (Paris) : Stigmatisation et dégénérescence en psychiatrie

15.10 Benoît Massin (Paris) : Le corps dans l'anthropologie Allemande

15.30 **Débat**

16h **Pause**

Le corps stigmatisé: pathologie et thérapeutique

Président de séance: Paul-Laurent Assoun (Paris)

16h15 Paul-Laurent Assoun (Paris) : Le corps et la trace

16.35 Claude Hamonet (Créteil) : Les mécanismes d'exclusion et de marginalisation du corps dans les systèmes de santé, apports de la démarche innovante de la réadaptation

16.55 Jean-Pierre Corbeau (Tours) : Trajectoires sociales de pathologies alimentaires

17.10 Anne Marcelini (Montpellier) : Figures du handicap, catégorisations sociales et dynamique des processus de stigmatisation/déstigmatisation

17.30-18h **Débat et conclusions**

Documents

Dans le cadre de la conférence du Pr. PETITOT sur l' « Emergence de la cognition sociale » nous vous proposons des articles relatifs à cette problématique tant au niveau de la modélisation qu'aux problèmes épistémologiques

P.15 : PROJET SCIENTIFIQUE du 13/06/2000 définissant le « M.E.L.: Modélisation de l'émergence du langage » Par Jean-Louis DESSALLES de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications

P.23 : « Formes Symboliques et émergence de valeurs ; pour une cognition culturalisée » Par [Jean Lassègue](#) - 13/10/2004 *Publié dans la Revue d'Intelligence Artificielle, "Alternatives en sciences cognitives ; enjeux et débats", volume 19 - n°1-2/2005 : 45-55 .*

P.30 : « une interview de David CHAVALARIAS, mathématicien, thésard au Centre de Recherche et d'Epistémologie Appliquée CREA » par J.Paul BAQUIAST dans la revue *Automates Intelligents* n° 39 du 12/12/2002

PROJET SCIENTIFIQUE

13/06/2000

M.E.L.: Modélisation de l'émergence du langage**Jean-Louis DESSALLES***Intelligence Artificielle**Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications – URA 820 Dép. InfRes**46 rue Barrault 75634 Paris Cedex 13**E-Mail : dessalles@enst.fr***Objectifs**

Ce projet vise à comprendre l'émergence du langage humain, en étudiant les conditions biologiques et sociales qui ont pu présider à son apparition et les mécanismes susceptibles d'expliquer ce processus d'émergence. Une part importante du travail consistera à étayer la réflexion par la confection de modèles mathématiques et informatiques permettant d'évaluer la cohérence et la portée des hypothèses sur lesquelles nous travaillerons.

Problématique

Le langage apparaît comme l'un des traits distinctifs de l'espèce humaine. Son émergence au cours de notre phylogenèse, bien qu'ayant pu être déclenchée par des circonstances fortuites, a obéi aux contraintes de l'évolution par sélection naturelle. Notre projet est de progresser, grâce aux outils de la modélisation, dans la compréhension des conditions de cette émergence. En particulier, il s'agit d'essayer d'étudier, pour différents aspects du langage, la possibilité qu'ils soient le fruit d'une émergence phylogénétique ou qu'il soient le résultat d'une émergence culturelle.

Selon une périodisation bien reçue actuellement, due au linguiste Derek Bickerton (1990, 1995), l'apparition du langage proprement dit, tel qu'on peut l'appréhender à travers la diversité des langues actuelles, se serait effectuée en deux temps : apparition d'un protolangage avec l'*Homo erectus* africain (appelé aussi *Homo ergaster*), il y a plus d'1,5 million d'années, expliquant en partie le succès évolutif de cette espèce qui a colonisé tout l'Ancien Monde ; apparition beaucoup plus récente du langage proprement dit, au cours de la période qui va de -150 000 ans (date approximative présumée d'apparition de notre espèce en Afrique, qui aurait à son tour colonisé la planète) à -40 000 ans (début de "l'explosion symbolique"). Sur le fond de cette périodisation très simple, s'affrontent diverses théories concernant les conditions d'émergence du langage ("grooming and gossip" (Dunbar 1996), théorie du prestige au sein des coalitions (Dessalles 2000), mimesis et ritualisation (Donald 1991), capacité narrative et mythique (Victorri 1999), etc.). La possibilité d'une émergence par paliers est conforme à la vision moderne de l'évolution par sélection naturelle qui prévoit une succession d'équilibres dans la filiation des espèces (Gould & Eldredge 1977). L'existence de paliers est due au fait que, contrairement à une idée reçue, l'évolution (la micro-évolution) par sélection naturelle est un processus rapide qui conduit une espèce, en quelques dizaines ou centaines de générations, à occuper un optimum local. La transition entre paliers (macro-évolution) est un phénomène rare et imprévisible qui correspond au passage d'un équilibre à un autre (Dessalles 1996). L'existence probable de paliers dans la phylogenèse du langage, bien qu'elle diminue l'amplitude du "saut" qui sépare le langage humain de la communication animale, demande que les phénomènes évolutifs ayant conduit à l'apparition des différents aspects du protolangage et du langage (phonologie, syntaxe, sémantique et pragmatique) soient logiquement ordonnés dans le temps et correctement corrélés. En l'absence de données directes sur ces événements passés, la modélisation constitue un outil incontournable lorsqu'il s'agit de cerner les conditions ayant rendu l'apparition du langage possible, voire probable : non seulement parce qu'elle permet de construire

une image dynamique effective (causale si l'on veut), mais aussi parce qu'elle permet de mettre en évidence des phénomènes que la seule réflexion n'aurait pas permis de prévoir.

La modélisation intervient également lorsqu'il s'agit de faire la part entre l'émergence biologique de nouvelles capacités et l'apparition, au niveau collectif, de nouveaux modes d'organisation de la communication. Par exemple, certaines caractéristiques d'une langue donnée, comme son système vocalique, émergent de la nécessité d'intercompréhension, en réalisant un compromis entre différentes contraintes (nombre de formes, discrimination, facilité de production, etc.) (Lindblom 1986,1998). La modélisation permet de tester des modèles prévoyant que certaines caractéristiques du langage émergent de l'interaction entre les agents communicants.

Les contraintes révélées par la modélisation

Pendant longtemps, le problème de l'origine du langage est resté un problème sous-contraint : la compréhension trop partielle des mécanismes évolutifs et le manque d'outils pour appréhender les phénomènes collectifs laissaient le champ libre à toutes les spéculations concernant l'apparition du langage dans la lignée humaine. Le rapport s'est maintenant inversé, en partie grâce aux modélisations de la biologie théorique et aux simulations des phénomènes collectifs. De nos jours, les modèles concernant l'origine du langage doivent passer un certain nombre de tests, ce qui exclut tout danger de spéculation gratuite. Citons quelques exemples de contraintes fournies par la modélisation :

1. modélisation biologique

□ **contrainte d'optimalité biologique locale** : La théorie des équilibres ponctués (Gould & Eldredge 1977) et la théorie du parallélisme implicite (Holland 1975) montrent que la sélection naturelle conduit les espèces à occuper des optima locaux. La conséquence importante est que toute caractéristique naturelle doit être localement optimale pour une fonction (cette observation ne doit pas être confondue avec le "panglossisme" dénoncé par Gould et Lewontin (1979)). En particulier, la structure de la faculté de langage, dans tous ses aspects biologiques, doit être localement optimale pour sa fonction. Par exemple, si l'on identifie une fonction narrative, il faut montrer comment le langage est localement optimal pour relater des événements passés. Cette contrainte, imposée par la modélisation biologique, exclut de fait tous les modèles qui présenteraient notre espèce, ou celles qui l'ont précédée, comme en déséquilibre évolutif, arguant de la lenteur de l'évolution pour justifier le fait que telle ou telle faculté syntaxique (par ex. la récursivité), phonologique (par ex. la structure de la syllabe), sémantique (par exemple la capacité à gérer des relations thématiques) ou physiologique (par exemple la position basse du larynx) se soit développée lentement pour n'atteindre sa pleine efficacité qu'avec l'espèce humaine.

□ **contrainte d'optimalité culturelle locale** : La même contrainte d'optimalité locale s'applique dans le cas de l'évolution culturelle, en ce qui concerne ses aspects adaptatifs. Par exemple, le système vocalique d'une langue donnée doit présenter des aspects localement optimaux (pour un ensemble de critères souvent contradictoires, par ex. le nombre des formes sonores et la qualité de discrimination).

□ **contrainte de fonctionnalité** : Il est habituel de diviser la faculté de langage en niveaux bien individualisés :

- phonétique, morphologie, syntaxe, sémantique, pragmatique. Tout modèle, même partiel, de l'évolution de ces niveaux, doit tenir compte du caractère fonctionnel de l'ensemble. En particulier, si l'on veut défendre la thèse du protolangage, il faut accorder à notre espèce parente une protosémantique, une protophonologie et une protopragmatique qui forment un ensemble fonctionnel. A l'inverse, imaginer qu'une espèce comme *erectus* ait pu disposer d'une capacité à former des représentations sémantiques similaire à la nôtre, sans disposer des moyens syntaxiques pour exploiter cette capacité, est incohérent.

□ **contrainte de fonction biologique** : La fonction biologique du langage, perçue longtemps comme allant de soi, se révèle extrêmement problématique. Le fait que l'échange d'informations par le langage puisse, dans certaines conditions, bénéficier au groupe qui le pratique, n'a aucune influence sur le fait que la sélection naturelle favorisera la propension à fournir des informations aux autres. Au contraire ! Fournir des informations utiles à ses concurrents génétiques semble, à première vue contraire à la stratégie darwinienne la plus élémentaire. Tout scénario de l'émergence de la faculté de langage se doit de résoudre ce paradoxe.

2. modélisation cognitive

□ **parcimonie cognitive** : Le défi de la modélisation cognitive consiste à montrer que la complexité des productions langagières n'est qu'apparente, qu'elle résulte de mécanismes simples appliqués de manière itérée ou récursive. Par exemple, la complexité apparente de la structure des phrases du langage peut résulter de l'application récursive d'une procédure qui connecte les syntagmes par leur spécifieur et leurs compléments. Dans une perspective évolutive, il s'agit d'étudier si cette capacité peut émerger à partir de systèmes plus simples, non récursifs.

Au niveau sémantique, de nombreux auteurs ont suggéré que les relations argumentales obéissent à un schéma fixe, de nature spatiale et topologique (Langacker 1986, Jackendoff 1983, Gruber 1965, Porzig 1950 (cité dans Lorenz 1973)). Ce schéma identifie un thème, un repère, une relation topologique entre le thème et le repère, et un acteur éventuel qui exerce une force sur le thème (Talmy 1988). Ce seraient toujours ces mêmes relations thématiques qui seraient appliquées, de manière systématique, aux relations prédicatives contenues dans toute phrase pour en déterminer le sens. L'enjeu d'une perspective évolutive en modélisation cognitive est de montrer comment l'apparition de cette nouvelle capacité de segmentation thématique a profondément modifié le système de communication humain. Au niveau pragmatique, il s'agit de montrer comment la structure des dialogues et celle du discours argumentatif résultent de l'application d'une stratégie récursive simple, qui consiste chaque fois à détecter ou à résoudre un "conflit cognitif". Dans une perspective évolutive, il s'agit de montrer le rôle central que le conflit cognitif a pu jouer, et ses conséquences sur la motivation biologique à la prise de parole.

2. modélisation des phénomènes collectifs

□ **émergence des représentations** : Le langage repose sur un certain nombre de structures émergentes, propres à une communauté d'individus communicants. C'est le cas par exemple de certaines structures phonologiques (en français du Sud, une voyelle moyenne est ouverte si et seulement si elle est non-terminale au sein de la syllabe (Durand 1990)), de certaines structures syntaxiques (en anglais, les adjectifs possessifs s'accordent avec le possesseur), de certaines structures sémantiques (par ex. structuration métaphorique du temps inversée chez les Aymaras (Núñez, communication personnelle)), ou de certaines représentations conceptuelles du niveau pragmatique (Sperber 1996). La modélisation des phénomènes collectifs peut permettre d'étudier les paramètres critiques qui permettent l'émergence de telles structures.

□ **émergence de communautés de locuteurs** : L'utilisation du langage suppose l'existence de groupes partageant, au moins en partie, le même code et les mêmes représentations. La dynamique de la formation de ces groupes pose un problème de "poule et d'œuf" : le code n'existe que parce que la communication le met en œuvre, et la communication n'est possible que parce que le code est déjà là. La modélisation permet d'étudier ce problème de double émergence.

□ **émergence des conditions sociales d'usage du langage** : Certains modèles de l'apparition du langage font référence à l'existence de coalitions au sein desquelles le langage joue un rôle structurant (Dunbar 1996). Le langage a été décrit soit comme une forme de coopération à l'intérieur de la coalition, soit comme un moyen d'établir et de maintenir des liens entre partenaires de coalition. Ces scénarios peuvent être modélisés et mis à l'épreuve de la simulation. On peut en particulier étudier les conditions de stabilité de la coopération, ou déterminer les conditions dans lesquelles des coalitions sont susceptibles d'apparaître et de se maintenir. Ces questions se révèlent

fondamentales si l'on veut comprendre les raisons pour lesquelles le langage n'est apparu que dans notre seule lignée (Dessalles 2000).

L'approche proposée

1. Modélisation évolutive

La théorie contemporaine de l'évolution prévoit l'occurrence de transitions brusques dans la filiation entre espèces. La direction de ces changements majeurs et le moment exact où ils se produisent sont essentiellement dus au hasard. En revanche, a posteriori, de tels changements respectent plusieurs contraintes : ils sont adaptatifs et leur probabilité d'apparition augmente dans certaines zones, dites critiques, de l'espace des paramètres. Par exemple, la probabilité d'apparition du langage pourrait avoir considérablement augmenté dans une structure sociale où la taille des coalitions dépassait un certain seuil.

Par la modélisation, nous pouvons explorer certains espaces de paramètres de manière à déterminer des ensembles de conditions dans lesquelles le langage a pu émerger. Nous pouvons également montrer les faiblesses de telle ou telle approche théorique (par exemple, les difficultés rencontrées par des modèles trop simplement coopératifs).

2. Modélisation cognitive

Notre problématique concerne non seulement les conditions biologiques et sociales d'utilisation du langage, mais aussi le langage lui-même dans ses formes et ses valeurs spécifiques. Il est possible de refléter dans les modèles certaines différences de structure formelle entre les langues et divers types de communication animale (exemples : aspects discrets, récursivité des structures, etc.). De même, il apparaît possible et nécessaire de proposer une modélisation du niveau sémantique, dans le prolongement des travaux de la linguistique cognitive. Il s'agit là de dimensions du langage qu'aucune théorie n'a encore réussi à intégrer de façon pleinement satisfaisante : or, en parlant, les sujets construisent et partagent des représentations (évoquant in absentia de scènes, fictions, inférences) dont certains traits fonctionnels ont dû être déterminants pour le problème d'émergence qui nous occupe.

3. Modélisation des phénomènes collectifs

Depuis plusieurs années, des travaux s'inscrivant dans le paradigme de la modélisation multi_agents traitent de phénomènes linguistiques en rapport avec l'origine et l'évolution du langage. Qu'ils s'intéressent au lexique, à la syntaxe ou à la phonologie, une des principales difficultés inhérentes à ces modélisations est de les confronter au système fonctionnel que constitue le langage humain. En particulier, si les notions d'auto_organisation permettent de retrouver des tendances universelles rencontrées dans les systèmes réels (De Boer, 2000), l'implémentation d'un système multi_agents permettant de faire émerger la communication parlée et le langage doublement articulé par auto-organisation reste utopique. L'hypothèse sur laquelle nous travaillerons considère que le langage " complexe " que nous utilisons aujourd'hui s'est développé à partir d'un stade de langage " simple " défini par l'existence d'un lien direct entre séquence de sons et référents ainsi que par l'absence de double articulation.

Les simulations multi_agents appliquées à la linguistique mettent rarement l'accent sur les aspects écologiques du langage (à l'exception des travaux de Cangelosi, 2000). Dans le cadre de ce projet, nous souhaitons tenir compte du rôle fonctionnel du langage, en modélisant les interactions entre le monde et les agents, en particulier dans les rapports ressources /prédation, la survie des individus dépendant en grande partie de leur capacité d'adaptation. L'objectif est de fournir un modèle de type multi_agents permettant d'évaluer si un scénario d'évolution d'un langage simple

vers un langage complexe peut émerger dans le cadre d'interactions tenant compte d'aspects cognitifs, sociologiques et écologiques.

D'un point de vue cognitif, les agents modélisés sont soumis à des contraintes, en particulier au niveau de leurs mémoires, tant à court terme qu'« encyclopédique » auxquelles s'ajoutent les limites du processus de traitement des informations. Ils peuvent également être pourvus d'un modèle de représentation interne des connaissances.

Nous nous proposons d'étudier par ailleurs plusieurs aspects sociaux du langage qui modifient la manière dont les interactions entre agents se déroulent (existence de classes sociales et de registres, influence des tailles de populations, etc.). A cela s'ajoute la possibilité de définir des stratégies de communications individuelles différenciées, en intégrant par exemple des facteurs stochastiques de communicabilité.

Enfin, la prise en compte des processus de transmission du savoir et des concepts entre agents d'une même génération et/ou de générations différentes est sans conteste un aspect fondamental du processus étudié.

Actions envisagées

Les actions que nous proposons dans le cadre de ce projet sont d'ordre théorique, expérimental (simulations) et épistémologique. L'objectif est (1) d'obtenir des résultats nouveaux et (2) de progresser dans l'intégration des résultats dans un ensemble conceptuel cohérent, de manière à offrir une image plausible de l'origine du langage humain.

1. Aspects théoriques

Il est possible de formaliser plusieurs phénomènes qui ont pu être à l'œuvre lors des transitions majeures qui ont conduit au langage. Citons :

- la modélisation de la coopération symétrique et des conditions dans lesquelles elle est évolutivement stable.

Evaluation de la pertinence de ces conditions dans le cas du langage.

- la modélisation d'un niveau intermédiaire entre l'individu et le groupe : le système de coalitions. Le groupe est l'unité au sein duquel s'effectue la reproduction. Les coalitions sont caractérisées par le fait que les individus se choisissent pour s'allier. Le langage peut être un élément essentiel de ce choix. Il s'agit de modéliser les conditions dans lesquelles le langage peut émerger, en tant que critère d'alliance, dans un système favorisant l'existence de coalitions.

- la modélisation des structures de signification et de l'avantage qu'elles procurent aux individus capables de les mettre en œuvre. On distinguera notamment deux aspects de la construction du sens :

(1) la capacité à former des scènes imagées par combinaison d'éléments;

(2) le repérage des relations thématiques. Il s'agit d'étudier, dans une perspective évolutive, si l'un de ces deux systèmes sémantiques peut, à lui seul, constituer un système fonctionnel (un système d'attribution de sens est fonctionnel s'il permet de produire des inférences adéquates). Si tel est le cas, on peut légitimement faire l'hypothèse que ce système a précédé l'autre.

- l'adéquation des aspects fonctionnels des différents aspects du langage : l'approche évolutive nous oblige à poser la question, assez inhabituelle en sciences du langage, de l'adéquation des structures aux fonctions :

- modélisation du caractère adapté de la capacité à manier des structures phonologiques compte tenu d'un certain débit de parole et d'une taille de lexique
- modélisation du caractère adapté de la capacité à utiliser un système de syntagmes et un système de marquage morphologique pour l'identification des relations thématiques.
- modélisation du caractère adapté des mécanismes de construction du sens pour les capacités inférentielles
- modélisation du caractère adapté des mécanismes de génération d'argument dans le dialogue.
- la modélisation des processus communicationnel émergents : détermination de la validité théorique des résultats expérimentaux.

2. Aspects expérimentaux

Nous disposons de plusieurs plates-formes de simulation pour tester les théories évoquées ci-dessus. En particulier :

- une plate-forme de simulation génétique, développée à l'ENST, permettant de tester la viabilité évolutive des différentes stratégies de communication.

- des plates-formes multi_agents, l'une développée au laboratoire Dynamique Du Langage, l'autre au laboratoire d'informatique de Sony. Dans la première, les agents possèdent un ancrage phonologique et les interactions tiennent compte de contraintes articulatoires et perceptives (Perrone, 2000). L'architecture du système permet de prendre en compte des contraintes de différents types, et, à l'heure actuelle, les interactions entre agents intègrent déjà plusieurs aspects sociologiques (notions de familles, de rangs sociaux et de différences de prestige entre populations). Les aspects évoqués dans le paragraphe précédent seront implémentés en relation avec les modules considérés, en s'appuyant sur la structure " objet " du système. La plate-forme développée au Sony-CSL permet de tester l'ancrage des symboles émergents dans un contexte sensori-moteur, par l'emploi de robots dotés de caméras et de moteurs leur permettant d'orienter le regard. Cet ancrage permet de s'affranchir en partie de l'idéalisation liée aux simulations informatiques.

- une plate-forme de traitement du langage naturel, en cours de développement à l'ENST. L'originalité de cette plate-forme est d'offrir un niveau sémantique permettant de tester la séparation entre deux composantes sémantiques fonctionnellement distinctes. Dans le cadre de ce projet, nous comptons développer et compléter ces plates-formes et les utiliser pour explorer les espaces de paramètres analysés dans l'approche théorique.

3. Aspects épistémologiques

La modélisation comporte le danger de donner une image par trop caricaturale des phénomènes observés ou imaginés. Il est d'autant plus important de souligner que notre groupe rassemble des compétences variées qui permettront de mieux rapporter les modèles à la multiplicité des données éthologiques, anthropologiques, archéologiques, linguistiques et cognitives. Notre souci est de conserver un regard critique sur la validité des modèles que nous développons. La modélisation permet de ramener sur le terrain de l'expérience des phénomènes dont on pouvait penser qu'ils étaient non répétables, et donc inaccessibles à l'investigation scientifique. L'analyse des conditions de validité de l'approche modélisatrice est partie intégrante de notre projet.

Notre ambition est, à terme, d'intégrer à notre cadre de réflexion des questions réputées difficiles, notamment la relation entre le langage et les autres activités et traces symboliques, les mécanismes d'évolution des représentations culturelles véhiculées par le langage et l'apparition de nouvelles conditions de sélection (interaction gènes-culture).

Composition du groupe

Notre groupe comporte un fort contingent de modélisateurs, spécialistes de l'utilisation de la théorie des systèmes dynamiques dans divers domaines allant de la biologie aux sciences cognitives et aux sciences socio-économiques, en passant bien sûr par les sciences du langage, fortement représentées. Il comporte aussi des spécialistes de plusieurs disciplines directement impliquées dans l'étude de l'origine de l'homme et du langage (paléo-anthropologie, éthologie des primates, socio-écologie animale, anthropologie sociale, philosophie). Il comporte enfin des spécialistes de la modélisation multi-agents des phénomènes de langage.

Quelques références bibliographiques des participants

- DESSALLES, J-L. (1998). "Altruism, status, and the origin of relevance". In J. R. Hurford, M. Studdert-Kennedy & C. Knight (ed), *Approaches to the Evolution of Language - Social and Cognitive Bases*. Cambridge : Cambridge University Press, 130-147.
- DESSALLES, J-L. (1999). "Coalition factor in the evolution of non-kin altruism". *Advances in complex systems*, 2(2), 143-172.
- DESSALLES, J-L. (2000). *Aux origines du langage - Une histoire naturelle de la parole*. Paris : Hermès.
- DESSALLES, J-L. (2000). "Language and hominid politics". In C. Knight, M. Studdert-Kennedy & James Hurford (eds), *The evolutionary emergence of language: social function and the origins of linguistic form*. Cambridge : Cambridge University Press.
- DESSALLES, J-L. (2000). *Proceedings of the Third Conference on the Evolution of Language*. Paris : E.N.S.T. 2000-S-002.
- DESSALLES, J-L. (2000). "Two stages in the evolution of language use". *Proceedings of the Third Conference on the Evolution of Language*. Paris : E.N.S.T. 2000-S-002.
- LAKS B., VICTORRI B. (éditeurs) : *Origine des langues et du langage*, numéro de la revue *Langages*, en préparation.
- LASSEGUE, J. séminaire "Théories du symbole"
(textes disponibles sur: <http://www.lattice.ens.fr/Lassegue.html/semsymb1.html>)
- MARSICO E., COUPÉ C & PELLEGRINO P. (2000), "Evaluating the influence of language contact on lexical changes", in *Proc. of the 3rd Conference on The Evolution of Language*, Paris, 3_6 April 2000
- PERRONE E. (2000), "The emergence of phonology in a population of artificial agents in a phonetic naming game", in *Proc. of the 3rd Conference on The Evolution of Language*, Paris, 3_6 April 2000
- PETITOT J. (1992). *Physique du Sens*. Editions du CNRS.
- VICTORRI B. (1997). "Débat sur la langue mère", *Pour la Science*, dossier hors série "Les langues du Monde", octobre 1997.
- VICTORRI B. (1999). "La place de la fonction narrative dans l'émergence du langage et la structure des langues".
T.L.E. (Théorie, Littérature, Enseignement), 17, 23-38.
- VICTORRI B. (2000). "The role of narration in the emergence of human language". *Third International Conference on the Evolution of Language*, Paris.
- VISETTI, Y.-M. (1999). "L'expression symbolique et le problème de l'origine du langage". *Actes du séminaire "Les signes et les techniques"*. Université Technologique de Compiègne, pp. 137-150.
- Autres références bibliographiques
- BICKERTON, D. (1990). *Language and Species*. University of Chicago Press.
- BICKERTON, D. (1995). *Language and human behavior*. London : UCL Press, ed. 1996.
- CANGELOSI A. (2000), "Evolution of symbolisation in chimpanzees and neural nets", in *Proc. of the 3rd Conference on The Evolution of Language*, Paris, 3_6 April 2000
- DE BOER B. (2000), "Emergence of sound systems through self_organisation", in In C. Knight, M. Studdert-Kennedy & James Hurford (eds), *The evolutionary emergence of language: social function and the origins of linguistic form*. Cambridge : Cambridge University Press.
- DESSALLES, J-L. (1996). *L'ordinateur génétique*. Paris : Hermès.
- DONALD, M. (1991). *Origins of the modern mind*. Cambridge : Harvard University Press.
- DUNBAR, R. I. M. (1996). *Grooming, gossip, and the evolution of language*. Cambridge : Harvard University Press.
- DURAND, J. (1990). *Generative and non-linear phonology*. London : Longman.
- GOULD, S. J. & Eldredge, N. (1977). "Punctuated equilibria : the tempo and mode of evolution reconsidered". *Paleobiology*, 3, 115-151.
- GOULD, S. J. & Lewontin, R. C. (1979). "The spandrels of San Marco and the Panglossian program: a critique of the adaptationist program". *Proceedings of the Royal Society of London*, 205, 281-288.

- GRUBER, J. S. (1965). *Lexical structures in syntax and semantics*. Amsterdam : North Holland, ed. 1976.
- HOLLAND, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor : The University of Michigan Press.
- JACKENDOFF, R. (1983). *Semantics and cognition*. Cambridge : The MIT Press, ed. 1995.
- LANGACKER, R. (1986). *Foundations of cognitive grammar*. Stanford : Stanford University Press.
- LINDBLOM, B. (1986). "Phonetic universals in vowel systems". *Experimental Phonology*, 13-44.
- LINDBLOM, B. (1998). "Systemic constraints and adaptive change in the formation of sound structure". In J. R. Hurford, M. Studdert-Kennedy & C. Knight (ed), *Approaches to the Evolution of Language - Social and Cognitive Bases*. Cambridge : Cambridge University Press.
- LORENZ, K. (1973). *L'envers du miroir - Une histoire naturelle de la connaissance*. Paris : Flammarion, ed. 1975.
- SPERBER, D. (1996). *La contagion des idées*. Paris : Odile Jacob.
- TALMY, L. (1988). "Force dynamics in language and thought". *Cognitive Science*, 12, 49-100.

Formes Symboliques et émergence de valeurs ; pour une cognition culturalisée

Par [Jean Lassègue](#) - 13/10/2004

Publié dans la Revue d'Intelligence Artificielle, "Alternatives en sciences cognitives ; enjeux et débats", volume 19 - n°1-2/2005 : 45-55 .

Introduction [1]

Plaçons-nous d'emblée dans un cadre non mentaliste au sein duquel les interactions entre les individus fondent leurs identités. Essayons, dans ce cadre, de rendre compte de l'émergence de valeurs sémiotiques partagées sans présupposer leur existence préalable.

Si l'on renonce à chercher des invariants assimilés à des principes génératifs universels qui seraient immédiatement projetés en tant que fonctions cognitives supérieures chez les individus mais que l'on ne veuille pas non plus se limiter à la pure description des jeux indéfiniment changeants dans lesquels ces valeurs sémiotiques apparaissent au sein des interactions, bref, si l'on veut avoir un point de vue un tant soit peu général sur la construction des valeurs sémiotiques, on doit considérer que ce qui fait valeur provient non pas d'un invariant obtenu par abstraction hors de tout domaine d'interaction mais d'une flexibilité trans-domaniale de ces valeurs perdurant à travers différents contextes d'activité.

Cette approche permet de modifier le rapport entre invariant et variabilité. En effet, si l'invariant n'est plus pensé comme le résultat d'une abstraction hors de tout contexte d'interaction mais comme flexibilité, sa stabilité exige de passer à travers de multiples domaines pour conserver son identité. La variabilité n'est donc pas ce qui s'oppose à la stabilité de l'invariant mais au contraire ce qui l'accomplit au cours d'un processus : l'invariant se définit alors par sa capacité à se prêter à la différenciation. On doit donc s'attacher à l'étude des conditions de stabilisation trans-domaniale de valeurs au sein d'activités dont la diversité est nécessaire à la mise au jour de cette stabilité trans-domaniale. On rejette pour ce faire l'idée de principes génératifs universels entièrement encapsulés dans la cognition individuelle pour ouvrir au contraire la cognition à une interaction avec un environnement qui rend possible l'individuation. On s'éloigne donc de tout idée de pré-programmation (génétique, algorithmique, symbolico-représentationnelle) susceptible de calculer d'avance une trajectoire comportementale ou cognitive limitée à un individu abstrait de son environnement, même si l'on ne récuse pas l'idée de programme, entendu comme simple phase dans un processus complexe ou l'idée d'un programme d'action, cognitivement représentable par les individus au cours de leurs interactions. C'est cette stabilisation trans-domaniale de valeurs à travers des activités multiples que l'on cherche à décrire par l'expression de « forme symbolique ».

1. Formes symboliques

Un rappel historique tout d'abord. L'expression de « forme symbolique » est due à Ernst Cassirer. On la trouve en particulier dans son ouvrage majeur, *La philosophie des formes symboliques* (1923-1929) : l'usage du pluriel montre qu'il considérait comme nécessaire la multiplicité de ces formes, renvoyant à des activités sémiotiques ayant chacune leur régime de sens intrinsèque. Chez lui, trois formes symboliques sont considérées comme canoniques : le langage, le mythe et la science (d'où les titres des trois tomes publiés de son livre). Mais ces régimes de sens, tout en ayant leur identité propre, ne sont pas exclusifs les uns des autres : par exemple, le langage et le mythe ont une proximité telle qu'il est difficile de les distinguer radicalement (Cassirer a même

montré leur profonde parenté dans un autre livre, *Langage et mythe*, et a fait de leur divorce - provisoire selon lui - l'acte de naissance de la rationalité scientifique et philosophique en Grèce classique). Le point de vue de Cassirer a ceci de « cognitif » (ce n'est pas son vocabulaire) qu'il cherche à rendre compte de la construction du transcendantal, conçu comme capacité anticipatrice, à travers les différents régimes de sens que sont les formes symboliques. On verra plus bas en quoi cette construction implique d'emblée une culturalisation du cognitif.

Ce point d'histoire éclairci, revenons à la caractérisation des formes symboliques. Elles sont des passages obligés qui visent à stabiliser des valeurs associées à des objets de transaction. La tractation sur la valeur s'opère sur des objets de transaction : par « objet de transaction » il faut entendre la façon dont un support matériel est investi par la valeur à tous les niveaux où peut se glisser un écart différentiel. Cela peut être un matériau phonique (les phonèmes d'une langue), un matériau écrit (la monnaie frappée, l'écriture), mais aussi un « matériau » humain (l'esclave assimilé à un outil par rapport à l'homme libre, la jeune fille nubile par rapport à la femme mariée ou les enfants à initier). Par exemple, une pièce de monnaie matérialise dans des marques (que ce soit un certain métal, une certaine forme, un certain poinçon, un certain papier, etc.) la possibilité de concevoir une échelle de valeur. Ces marques matérielles ne sont pas des représentations amorphes de la valeur mais son expression car, sans elles, la valeur resterait trop volatile pour faire l'objet d'une transaction. Deux caractéristiques sont particulièrement importantes concernant l'expression de la valeur au moyen d'un support matériel. D'une part, ce caractère matériel introduit une diversité intrinsèque dans les marques matérialisant la valeur (par exemple, dans le cas de la monnaie : forme, poids, poinçon, etc.). D'autre part, cette stabilisation des valeurs sur des objets de transactions est socialement instituée : pour reprendre l'exemple monétaire, on voit bien que la spécificité matérielle d'un certain support est le fruit d'une institution qui reste toujours implicitement présente dans chaque transaction et sert de garantie à son bon déroulement (la pièce doit avoir telle ou telle forme, tel ou tel poids, tel ou tel poinçon pour être acceptée comme jouant le rôle de support de valeur). De même, l'esclave n'est esclave que par rapport à une institution qui le décrète et est en mesure de faire respecter son décret. Mais cette institution de la valeur n'est pas nécessairement intentionnelle, comme le montre abondamment le cas du langage où d'apparentes régularités dans la construction du sens ne proviennent pas de l'instanciation de règles abstraites mais sont en fait le fruit d'une réélaboration postérieure de type analogique [2].

Ainsi les interactions entre individus se stabilisent-elles autour de passages obligés culturellement institués - les formes symboliques - qui orientent ces interactions selon des modalités diverses. L'exemple des différents régimes de parenté, définissant des partenaires sexuels interdits, permis, obligés ou préférés est particulièrement éclairant : des règles, explicites ou tacites, orientent et façonnent le comportement sexuel en en faisant une forme instituée, proprement culturelle. Du point de vue individuel, ces passages obligés que sont les formes symboliques apparaissent alors comme des anticipations de la forme de toute interaction possible qui contraignent la façon dont les interactions inter-individuelles peuvent se produire : elles ont statut de normes. Ainsi les formes symboliques permettent-elles de révéler les tendances générales des interactions humaines et de définir de grands types d'activité culturelle. Aux trois formes canoniques décrites originellement par Cassirer (langage, mythe, science), il est possible d'en ajouter d'autres (certaines seulement mentionnées par Cassirer) de nature esthétique (écoles, styles, tendances), politique (règles matrimoniales, codes juridiques, formes de l'autorité), économique (types d'échange, types de biens, types de travail) ou rituelle (religions, festivités, techniques).

Cette présentation très générale de la nature et du rôle attribué aux formes symboliques pose un certain nombre de problèmes, dont trois me paraissent particulièrement importants dans la mesure où ils abordent la question de la construction d'une forme symbolique ainsi que le rapport entre formes symboliques : peut-on caractériser toutes les formes symboliques à partir de traits communs relativement stables ? Peut-on énumérer ces formes en en dressant une typologie ? Comment les formes symboliques interagissent entre elles tout en conservant leurs identités ? Je vais essayer d'esquisser successivement des réponses à ces trois questions.

2. Peut-on caractériser toutes les formes symboliques à partir de traits communs relativement stables ?

Telle qu'elle est posée, la question pourrait suggérer l'existence d'un invariant décontextualisé rendant compte de la dynamique propre aux formes symboliques et qui s'instancierait selon divers paramétrages locaux. Mais cette approche risquerait de compromettre l'idée même de la diversité des activités nécessaire à la constitution d'une forme symbolique ainsi que la diversité des rapports des formes symboliques entre elles. Il faut donc être attentif aux parcours de construction des formes dans leur diversité avant de rechercher des invariants hors contexte [3] : les traits propres aux interactions culturelles en général, en tant qu'elles sont médiatisées par une forme symbolique, se laissent approcher en tant que capacités de différenciation et non en tant qu'instanciations d'un type. Cinq traits sont particulièrement saillants. Par souci de clarté, j'en donne à chaque fois une description rapide.

21. Trans-domanialité

Les formes symboliques ne sont jamais localisées au point d'être cantonnées à un domaine d'activité particulier.

Autrement dit, les valeurs associées aux résultats des interactions sociales ne sont pas limitées au champ particulier propre à cette interaction. Prenons un cas esthétique : les historiens de l'art ont montré que des formes esthétiques perduraient à travers la multiplicité des écoles et des styles. Par exemple, il est possible de retrouver dans la statuaire de la Renaissance un schème hérité de la statuaire antique sous une autre appellation (la représentation d'Hercule devient celle d'un saint). De même, une forme esthétique quelconque ne se limite pas au champ de l'esthétique proprement dit mais le déborde sous la forme de tendances esthétiques, dans l'artefact, le vêtement ou le théorème. On peut en tirer deux conséquences.

D'une part, la stabilité d'une valeur matérialisée dans un objet de transaction ne dépend pas seulement d'une transaction particulière mais participe d'un champ de transactions plus global. Par exemple, la fixation d'un prix dépend certes d'une transaction particulière mais aussi d'un marché où d'autres critères entrent en considération (offre / demande ; vente en gros / au détail, vente autorisée / vente interdite, etc.). C'est le différentiel entre une transaction particulière et le champ de transaction plus global qui est généralement inaccessible à la conscience des individus mais qui contraint cependant leurs interactions (le cas de la grammaire, généralement inaccessible aux locuteurs de la langue - sauf aux linguistes professionnels ! - est un cas typique).

D'autre part, d'un point de vue épistémologique, on doit remarquer que le schéma de la causalité classique (liée, à l'origine, à la physique dite classique) est inopérant pour rendre compte de l'émergence et de la stabilisation d'une valeur : une forme symbolique ne produit pas causalement des valeurs parce qu'il lui faudrait être limitée à une région spécifique de l'activité humaine pour que la relation de cause à effet puisse être correctement isolée. Réciproquement, aucune activité ne peut monopoliser intégralement une forme symbolique, qui déborde la région particulière d'activité où elle possède le plus de prégnance, c'est-à-dire où son contenu sémiotique a été le plus travaillé pour lui-même.

22. Transmissibilité

Les formes symboliques sont des engagements pratiques ritualisés, hérités à travers le temps et possédant un pouvoir anticipateur.

Une forme symbolique ouvre donc à une temporalité spécifique en renvoyant à la fois à un héritage et à un avenir : toute interaction présente s'effectue sous l'égide de formes symboliques

anticipatrices non-explicitement présentes, dont on hérite collectivement. Généralement, l'origine d'une forme symbolique particulière est rapportée à un passé immémorial (tous les mythes d'origine du langage, des dieux, de l'homme ou de la femme sont de ce type), dont la médiation peut être matérialisée sous l'aspect d'entités réelles ou imaginaires (totem, emblème, marques d'appartenance diverses). La validité des transactions sous l'égide de cette forme est projetée sur la totalité du futur (« à la fin des temps », dit l'expression qui nous est familière). Remarquons que pour qu'il y ait transmission, il faut que des moments de transmission soient explicites : la façon de copier ou de réciter les textes sacrés, de battre monnaie, de prier, etc. doit faire l'objet d'une ritualisation explicite des gestes pendant des moments de vigilance collective, marqués comme tels. Ce sont ces moments qui relancent périodiquement la construction d'un sens en commun et qui forment l'objet même des rituels dont l'aspect trans-générationnel (souvent lié aux étapes d'une initiation) est capital. Cet aspect trans-générationnel met indirectement en scène la différence des sexes (conçue comme facteur biologique, comme institution sociale et comme modèle d'intelligibilité) puisque c'est par elle que transite l'idée même de génération.

23. Tiers-terme

Toute transaction se fait sous l'égide d'un tiers-terme considéré comme la source distante ou absente par rapport à laquelle l'interaction gravite.

Pour éviter une régression indéfinie dans la confiance réciproque que doivent se témoigner par avance ceux qui inter-agissent, l'attention est focalisée vers un tiers-terme qui joue le rôle de garant des transactions en général. Ce tiers-terme est dans la position d'un géométral : il résume en lui les différents points de vue sur la même interaction en anticipant sur l'aspect nécessairement situé attribué au rôle de chaque protagoniste. Le contrôle sur le tiers-terme tel qu'il est institué dans une société particulière permet ainsi de rendre compte des notions d'autorité et de pouvoir qui sont des anticipations de la forme que doit prendre l'interaction à venir.

Le tiers-terme peut prendre des formes diverses : figures totémiques ou divines, ancêtres, prohibitions, banques et institutions en général. Une mention particulière doit être faite concernant le sens linguistique, qui, lui aussi, relève du tiers-terme au sens employé ici. L'interaction verbale s'effectue en effet par rapport à un sens linguistique dont on suppose l'existence en soi (préalable à la transaction présente) et dont le contrôle est censé rendre possible une anticipation des transactions à venir ayant le sens linguistique pour objet.

24. Opacité

Il y a une opacité originelle propre aux formes symboliques en tant qu'elles sont instituées.

Cela vient du fait que, dans un modèle d'interaction qui ne présuppose pas une individuation préalable des agents, la construction des valeurs ne s'opère pas selon un schéma contractualiste ou utilitariste qui serait clairement représentable ou qui devrait d'abord se représenter clairement préalablement à l'interaction. L'opacité vient de ce que ni le désir ni les obligations réciproques entre agents ne sont fixés d'avance mais surtout que les moyens sémiotiques d'exprimer le désir ou les obligations en les fixant sur un support ne sont pas d'emblée en possession des agents : ces moyens sont concentrés dans les formes symboliques en tant qu'elles sont des institutions. Les institutions apparaissent alors comme ce qui permet de réunir des agents dont les rôles ne sont pas clairement fixés d'avance, même s'ils le deviennent au cours de l'interaction. L'exemple le plus frappant d'une telle opacité est celui des rituels : ce que requiert un rituel de la part d'un agent, c'est avant tout de posséder une disponibilité qui ultérieurement sera monnayée en efficacité dans une activité, en intelligibilité du monde ou en appartenance à un groupe mais qui ne les requiert pas au préalable.

25. Auto-évaluation

Toute interaction suscite sa propre évaluation, explicite ou implicite, sur une échelle de conformité et selon une norme explicitable.

L'explicitation de la norme ne se fait pas par référence à une valeur objective dont on pourrait mesurer extérieurement la pertinence en la projetant sur une échelle d'avantages (fitness écologique, cognitive, sociale ou autre). C'est plutôt la différence temporelle entre l'aspect anticipateur des formes symboliques et la transaction particulière ici et maintenant qui fait surgir la norme en tant que procédure d'évaluation. La norme n'agit donc pas comme une catégorie abstraite parce qu'objective mais seulement comme ce qui induit évaluation. Si l'on reprend l'exemple de l'analogie décrit par Saussure, on voit bien que la construction de nombreuses régularités dans la langue relève de ce type de procédure.

Remarquons également - autre effet anticipateur de la norme - que son explicitation contient virtuellement sa capacité de transgression puisqu'en devenant consciente chez les agents, elle rend possible sa propre modification. C'est ce qui renforce la prise de conscience de la relative interchangeabilité des rôles dans l'interaction.

3. Peut-on énumérer les formes symboliques en en dressant une typologie ?

Telle qu'elle est posée, la question revient à se demander s'il est possible de dresser une fois pour toutes une liste des formes symboliques qui serait comparable à une table des catégories. Puisque c'est à la mathématique que revient le rôle structurant rendant cohérent le domaine de la détermination catégorielle en général, le problème revient en fait à celui de la place que l'on entend accorder à l'objectivité mathématique dans la description des phénomènes culturels.

Si l'on se réfère à l'optique kantienne (qui fut le point de départ de Cassirer), on voit que l'accroissement progressif du champ de l'objectivité à des domaines phénoménaux nouveaux passe par une mathématisation appropriée aux domaines en question : en extension, à chaque nouveau domaine phénoménal doit correspondre une nouvelle modalité de la forme mathématique qui en est la condition transcendante ; en compréhension, c'est par leur mathématique que des domaines réputés hétérogènes ont une parenté structurale assurant une cohérence objective globale à la science. C'est par exemple ainsi que J. Petitot interprète la théorie thomienne des catastrophes : il y voit la forme mathématique adéquate permettant de rendre compte de l'émergence des phénomènes de type structural dans les sciences humaines et sociales, ce qui permet de réintégrer dans le champ global de la mathesis des pans entiers de quasi-phénomènes qui n'avaient jusqu'alors pas reçu les conditions transcendantales adéquates pour accéder à une objectivité (c'était par exemple le cas de la notion de phonème [4]). Les formes symboliques relèvent-elles de cette optique sur la mathématisation ?

Si c'était le cas, il faudrait renoncer au caractère d'emblée trans-domainial de ces formes qui ne sont pas suffisamment locales pour laisser à une générativité mathématique le soin de les relier structurellement à la mathesis. Il faudrait en effet qu'une forme conçue comme locale puisse être étendue globalement au moyen d'une générativité mathématique adéquate. Or si les formes symboliques rendent possible une objectivité dans le cas où elles sont travaillées dans cette direction, leur intelligibilité générale n'est cependant pas dépendante de ce régime particulier du sens. Deux aspects doivent donc être pris simultanément en compte dans le cas des formes symboliques : d'une part, elles peuvent se mathématiser ; d'autre part, leur intelligibilité ne dépend pas de leur mathématisation possible. Aussi la « difficulté » (pour qui se place dans l'optique kantienne tout au moins) liée à une intégration des formes symboliques au sein de la mathesis vient-elle de ce que ces dernières ne négocient pas le rapport entre le local et le global d'une manière telle qu'elle puisse s'inscrire dans une perspective transcendante. Si l'on se reporte d'ailleurs à la façon dont Cassirer avait originellement posé le problème, on voit que celui-ci avait comparé la description générale des

formes symboliques à une grammaire [5] et non à une logique, indiquant sans doute par là que la strate de généralisation qu'il avait en vue (celle que j'appelais un peu grossièrement en commençant la « construction du transcendantal ») n'était pas directement assimilable à la perspective kantienne que Kant rapporte à une logique. Il n'y a donc sans doute pas moyen de dresser une typologie des formes symboliques sous la forme d'une table des catégories, sauf à considérer un certain état de la science comme le terminus ad quem de toute évolution culturelle et non pas comme une option culturelle, historiquement situable (ce qui permet précisément de poser le problème de son objectivité [6]).

4. Comment les formes symboliques interagissent entre elles tout en conservant leurs identités ?

Le problème que nous rencontrons est donc celui de la multiplicité des formes symboliques, de leur intrication réciproque et de leur éventuelle indépendance. Là encore, il semble qu'il n'y ait pas de réponse a priori susceptible de devancer la façon dont les rapports entre formes symboliques se tissent et que le recours à l'histoire soit indispensable pour faire l'expérience de ces rapports. Remarquons cependant que le fait de renoncer à une démarche intégralement a priori dans la détermination des rapports entre formes symboliques ne condamne pas nécessairement à une simple description empirique de cette détermination, dans la mesure où l'histoire n'est pas un bloc étale mais qu'elle est elle-même interprétable comme composée de moments spécifiques dont la temporalité est qualitativement différente les uns des autres.

Prenons pour exemple la façon dont Cassirer réfléchit à l'avènement de la rationalité scientifique en Grèce classique. Pour lui, l'avènement de la rationalité scientifique et philosophique est un moment de crise du sens qui a consisté avant tout en un divorce avec le monde du mythe, du rite et du langage [7]. Cassirer est donc tout à la fois capable de montrer le caractère essentiellement intriqué du langage, du mythe et du rite et de montrer comment cette intrication a néanmoins pu se dénouer dans le moment historique particulier que représente l'avènement d'une rationalité à la fois scientifique et philosophique. C'est pourquoi il considère également que le monde du mythe, du rite et du langage n'est pas un monde qui serait définitivement dépassé par l'avènement du rationnel puisque ce monde occupe pour toujours le soubassement anthropologique à partir duquel une rationalité scientifique et philosophique peut se développer. Il en veut d'ailleurs pour preuve son projet philosophique personnel, consistant à chercher à réintégrer dans l'orbite du rationnel ce monde archaïque qui en avait été exclu de façon principielle par la science et la philosophie en Grèce classique, en vue de montrer la cohérence globale de l'activité sémiotique en général. Cette tentative de réintégration est elle-même l'indice d'une nouvelle crise, de nature autant politique qu'intellectuelle, à laquelle Cassirer se trouve personnellement confronté dans les années vingt avec la montée de l'idéologie nazie dans la République de Weimar. Deux options lui semblent en effet possibles : soit réintégrer le monde du mythe, du rite et du langage sur un mode rationnel en en faisant des objets de connaissance à part entière, soit reproduire ce monde archaïque par une manipulation généralisée des consciences au moyen de techniques médiatiques appropriées en gommant tout l'itinéraire historique de la rationalité au sein de l'histoire de la culture. On sait combien Cassirer eut à payer d'avoir choisi la première option, lui qui fut contraint à l'exil dès l'arrivée de Hitler au pouvoir.

Il reste toutefois que Cassirer ne thématise pas en propre la nature des rapports qu'entretiennent les formes symboliques entre elles (comme a pu le faire, à sa manière, un Hegel) et que l'on trouve à peine esquissée chez lui l'analyse des crises (au sens qu'il donne à ce terme) qui peuvent parcourir les rapports entre la religion et la science ou entre le langage et la politique. Cela vient sans doute de ses intérêts personnels et de sa formation d'épistémologue néo-kantien, qui l'ont porté à focaliser son attention sur la façon dont la tradition scientifique (en particulier les sciences expérimentales, physique et chimie) pouvait se développer à partir d'un terreau archaïque. Mais la question des rapports entre formes symboliques se retrouve aujourd'hui sous d'autres guises dans les sciences humaines et sociales, que ce soit dans le cadre de la linguistique, de l'anthropologie, de la

psychologie culturelle ou de l'histoire des religions. Ce n'est pas le lieu de mesurer comment, dans ce cadre, se trouvent négociés ces différents rapports [8].

Conclusion

A partir du moment où l'on considère que la cognition relève d'une interaction ayant l'émergence de valeurs pour objet et qu'elle n'est pas seulement le résultat d'une instanciation de catégories pré-programmées dans des agents préalablement individués, on voit aussi comment intervient la notion de culture dans la cognition. Elle implique un nouveau partage entre l'a priori et l'expérience, que la notion de forme symbolique rend concevable.

Bibliographie

Livres :

Cassirer E., Philosophie des formes symboliques, tome 3, La phénoménologie de la connaissance, Editions de minuit, paris, 1972.

Cassirer E., Langage et mythe ; à propos des noms des dieux, Editions de Minuit, Paris, 1973

Hocart A. M., Kingship Oxford University Press, Oxford, 1927.

Hocart A. M., Social Origins, Watts & Co, Londres, 1954.

Lassègue J., "La genèse des concepts mathématiques, entre sciences de la cognition et sciences de la culture", Revue de synthèse, 2004, 5ème série, tome 124 : 224-236.

Petitot J., Les catastrophes de la parole, Maloine, Paris, 1985.

de Saussure F., Cours de linguistique générale, Payot, Paris, 1965.

Site web : <http://formes-symboliques.org>

[1] Cet article est le résultat d'un travail mené depuis plusieurs années en collaboration avec Yves-Marie Visetti au sein d'un certain nombre de groupes de travail, tout particulièrement dans le cadre du séminaire 'Formes Symboliques' que je co-dirige avec lui.

[2] Comme le fait remarquer Saussure : « En français, on a dit longtemps : il prouve, nous prouvons, ils prouvent. Aujourd'hui on dit il prouve, ils prouvent, formes qui ne peuvent s'expliquer phonétiquement ; il aime remonte au latin amat ; tandis que nous aimons est analogique pour amons. [...] C'est l'école néo-grammairienne qui a pour la première fois assigné à l'analogie sa vraie place en montrant qu'elle est, avec les changements phonétiques, le grand facteur de l'évolution des langues, le procédé par lequel elles passent d'un état d'organisation à un autre. » Cours de linguistique générale, Payot, Paris, p. 222-223.

[3] Les listes de traits anthropologiques dégagés par Hocart après une recherche concernant des civilisations et des périodes historiques multiples, sont, à cet égard, exemplaires (cf. Kingship, Oxford University Press, Oxford, 1927, chap. 7 et Social Origins, Watts & Co, Londres, 1954, chap. 4).

[4] J. Petitot, Les catastrophes de la parole, Maloine, Paris, 1985.

[5] Cassirer, Philosophie des formes symboliques, I, p. 28 : « Si l'on pouvait parvenir à une vue systématique des différentes directions de ce mode de l'expression, et à déceler ses traits typiques et communs, ainsi que les gradations particulières et les différences internes de ceux-ci, on accomplirait alors pour l'ensemble de la création spirituelle l'idéal de la « caractéristique universelle » tel que Leibniz l'a formulé pour la connaissance. Nous serions alors en possession d'une espèce de grammaire de la fonction symbolique en tant que telle, qui embrasserait et déterminerait d'une façon générale l'ensemble des expressions et des idiomes particuliers tels que nous les rencontrons dans le langage et dans l'art, dans le mythe et dans la religion. »

[6] Cf. pour le problème de l'objectivité, J. Lassègue, "La genèse des concepts mathématiques, entre sciences de la cognition et sciences de la culture", Revue de synthèse, 2003.

[7] Cassirer, Philosophie des formes symboliques, 1929, tome 3, p. 29 : « On comprend très bien que la philosophie, vu sa nature propre et les conditions historiques de sa naissance, n'ait introduit qu'assez tard dans son champ d'investigation l'ensemble des problèmes formels impliqués dans le mythe et dans le langage, après avoir longtemps évité ou repoussé de son seuil ces problèmes plutôt que d'enquêter sur eux. Car le concept de philosophie n'atteint toute sa force et toute sa pureté que là où un dépassement de principe nous fait abandonner la conception du monde exprimée par les concepts de la langue et du mythe [...] C'est sur une voie semblable à celle de la philosophie pure que la connaissance scientifique de la nature arrive à saisir la tâche qui lui est propre. Elle doit elle aussi, pour se trouver elle-même, avoir préalablement accompli la grande scission spirituelle, la crise de la pensée par laquelle elle se sépare du mythe et du langage. [...] Dans les débuts de la philosophie grecque, les deux problèmes se confondent immédiatement. »

[8] C'est précisément le sens de la recherche collective menée au sein du séminaire '[formes symboliques](http://formes-symboliques.org)'.

Interview David CHAVALARIAS, Mathématicien, thésard au Centre de recherche et d'Epistémologie Appliquée CREA

UMR 7656 Ecole Polytechnique - CNRS

Propos recueillis par Christophe Jacquemin 12/12/02

AUTOMATES INTELLIGENTS JP BAQUIAST

Diplômé de l'Ecole normale supérieure de Cachan (Magistère de Mathématiques et d'Informatique), David Chavalarias se passionne pour les sciences cognitives et la vie artificielle. Après son agrégation de mathématiques, il rejoint le Centre de Recherche en d'Epistémologie Appliquée (CREA) [laboratoire de l'Ecole Polytechnique/CNRS] où il obtient le DEA de sciences cognitives. Il y termine aujourd'hui sa thèse sous la direction de Paul Bourgin, animateur du thème "Cognition sociale, Rationalité adaptative et Complexité" au CREA. Les travaux de David Chavalarias conduisent à proposer une nouvelle approche dans le cadre mathématique et multi-agents de la modélisation de la transmission dans les systèmes sociaux. A ce titre, le jeune scientifique de 27 ans va bientôt soumettre un de ses articles** au journal Nature.*

*Polytechnique est l'un des établissements cohabilité à cette formation doctorale du Centre d'Analyse et de Mathématiques Sociale de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

** "Metamimeticism and Spatial Games" (format pdf, 8 pages)

Compositeur et musicien (pianiste, percussionniste) David Chavalarias a par ailleurs fondé en 1998 l'association "Naima", dont il est le président. Né autour d'une rencontre entre la danse, la musique et l'image, ce collectif produit ses propres spectacles. L'objectif est de participer à l'essor du spectacle vivant en favorisant un regroupement de personnes, d'idées et de moyens autour de projets pluridisciplinaires.

Pour en savoir plus :

Site de David Chavalarias avec articles en ligne :

<http://chavalarias.free.fr/>

page d'accueil : <http://www.crea.polytechnique.fr/homecrea.html>

présentation générale du laboratoire : <http://www.crea.polytechnique.fr/CREA2000.html> Présentation du DEA de sciences cognitives : <http://www.ehess.fr/enseignements/scog/home.html>

Page d'accueil du collectif Naima :

<http://www.naima.asso.fr/>

Extraits musicaux :

<http://www.naima.asso.fr/musique/premiermouvement.htm>

Contacts : chavalar@poly.polytechnique.fr et david@naima.asso.fr

AI : David Chavalarias, vous faites actuellement une thèse sur la modélisation des systèmes sociaux. Quel a été votre parcours ?

David Chavalarias (DC) : S'il est vrai que je suis tout d'abord entrée à l'Ecole Normale Supérieure (ENS) à Cachan en section mathématiques, j'ai toujours gardé un œil sur bien d'autres disciplines. Après mon agrégation, j'ai poursuivi à l'Ecole Polytechnique par un DEA... en sciences cognitives. Ce qui m'intéresse est de mettre l'outil mathématique à la disposition d'autres sciences, ce qui explique ce parcours. Aujourd'hui, depuis deux ans, et toujours à Polytechnique, je poursuis ma thèse au Centre de Recherche en Epistémologie Appliquée (CREA).

AI : Par ailleurs, vous êtes musicien...

DC : Oui, je pratique la musique depuis pas mal d'années et, là aussi, je m'intéresse à l'échange entre musique et autres disciplines. Je travaille donc en collaboration avec des danseurs, avec des gens qui font du théâtre ou de l'image. Et c'est un thème à peu près récurrent dans tout ce que je fais : essayer de mettre en présence des personnes de secteurs différents au sein d'un même projet. J'ai créé ainsi Naima, une compagnie qui monte des spectacles pluridisciplinaires, dont le noyau dur est un quintet de jazz dont je fais partie.

AI : Mais revenons aux sciences cognitives. Comment, après une formation pure en mathématiques en vient-on précisément à se tourner vers ce secteur ? Vous parlait-on de sciences cognitives à l'Ecole Normale

DC : Non, pas vraiment. Mais je me passionnais déjà pour foule de domaines bien avant. En prépa, lorsque j'ai commencé à faire des mathématiques sérieusement, je m'intéressais aussi à d'autres disciplines comme la physique, la biologie, les sciences sociales... Alors j'ai vraiment été ravi d'entrer à l'Ecole Normale parce que la scolarité offre une certaine souplesse et donc permet de continuer à s'intéresser à d'autres choses. C'est ainsi que tout au long de ma deuxième année, j'ai organisé avec deux amis à l'Ecole un séminaire "Sciences sociables" : autour de conférenciers extérieurs invités, l'idée était de voir quel rapport pouvaient entretenir entre elles les sciences dites "dures" ou "molles", ou "humaines" ou "inhumaines", "exactes" "inexactes". Il faut savoir qu'on trouve à l'ENS de Cachan différentes disciplines sur le même site : économie, sciences sociales, mathématiques, physique, biologie, linguistique, arts plastiques... Je trouvais dommage qu'on ne puisse pas profiter de cet atout. Et cela a bien marché : des élèves des différentes sections sont venus suivre ce séminaire, donnant lieu à des échanges intéressants. En tous cas, par ce biais, j'ai pu pour ma part mieux aborder les sciences cognitives et faire des rencontres. C'est un sujet vraiment passionnant qui nécessite certainement plus que tout autre une approche pluridisciplinaire pour mieux comprendre l'homme, ses mécanismes de raisonnement et son fonctionnement. Et ici, les mathématiques ont bien sûr tout leur rôle à jouer à travers la modélisation que les scientifiques cherchent à obtenir de certains phénomènes.

AI : Pouvez-vous citer des exemples...

DC : Il y a deux aspects qui sont la cognition individuelle et la cognition sociale. La cognition individuelle s'intéresse à la compréhension des mécanismes biologiques qui mènent au raisonnement; ou alors à celle des mécanismes symboliques qui font que l'homme est si spécifique au niveau cognitif. Là, il y a une grosse part de modélisation, ne serait-ce qu'en biologie, sur les problèmes de réseaux de neurones, ou alors dans les processus logiques pour construire - en intelligence artificielle - des systèmes experts... Et puis, il y a la cognition sociale, celle sur laquelle je concentre mes recherches. L'idée est ici de comprendre les dynamiques des phénomènes sociaux, c'est-à-dire comment on peut avoir des structures émergentes à partir d'interactions entre individus qui ont des caractéristiques propres. Là aussi, la modélisation joue un grand rôle : bien qu'on

s'abstrait de certains détails ayant trait aux entités étudiées - en l'occurrence des sociétés humaines ou des sociétés artificielles (par exemple des sociétés d'agents sur le web), elle permet de comprendre comment peuvent apparaître des phénomènes d'auto-organisation. Ceci revient à comprendre les structures émergentes qui sont indépendantes de ces détails-là. Ce sont des classes de phénomènes que l'on recherche et, dans ce cadre, la modélisation mathématique et informatique est vraiment essentielle.

AI : Revenons à votre formation : vous décidez alors de suivre le DEA de sciences cognitives...

DC: Oui. Ce DEA, qui regroupe l'Ecole Polytechnique, l'Ecole Normale, l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales et l'université Paris VI, comprend un stage en laboratoire durant 6 mois. C'est une partie très importante ce qui veut dire que dès l'inscription, il faut avoir son tuteur pour le mémoire. Ceci suppose donc d'avoir au préalable discuté avec un certain nombre de professeurs des différents laboratoires et voir ce qu'on pourrait éventuellement faire avec eux. Dans mon cas, j'ai notamment rencontré Paul Bourguine au Centre de Recherche en Epistémologie Appliquée (CREA), qui est maintenant mon directeur de thèse. Ce laboratoire a pour vocation de travailler sur les sciences cognitives - cognition individuelle, cognition sociale, que j'ai évoquées tout à l'heure - et sur l'épistémologie de cette science, donc des différentes disciplines concernées.

Avec Paul Bourguine, nous n'avons pas décidé d'un sujet tout de suite mais sommes tombés d'accord sur des intérêts communs. Le sujet s'est ensuite décidé petit à petit pendant ma scolarité. Mon profil de mathématicien s'intéressant aux relations avec les autres sciences comme l'économie, la biologie ou les sciences sociales l'a beaucoup intéressé. Nous avons donc décidé de travailler sur les problèmes de modélisation de systèmes. Au début, on ne savait pas si j'allais plus orienter mon travail sur le côté biologique (compréhension du cortex visuel ou de la mémoire, par exemple) ou sur la cognition sociale avec la modélisation des systèmes sociaux. Les deux sujets m'intéressaient beaucoup. Si je me suis plus concentré sur les modélisations en cognition sociale au cours du DEA, j'ai en tous cas toujours essayé de suivre les développements des travaux concernant la cognition individuelle pour essayer de les mettre en oeuvre dans des modèles plus généraux.

AI : Cela ne paraissait donc pas étonnant qu'un mathématicien veuille faire son stage au CREA

DC: Non, au contraire parce que ce laboratoire regroupe des chercheurs de différentes disciplines, chercheurs issus souvent de plusieurs formations. On y trouve des gens qui font de l'économie, des sciences sociales, des mathématiques, de la biologie, de l'anthropologie. La force du CREA réside dans cet échange permanent entre disciplines. Des séminaires internes sont organisés où chacun présente aux autres ses travaux, ce qui permet ensuite d'obtenir des approches sous différents points de vue. Il existe aussi des groupes transdisciplinaires de travail interne. Pour ma part, je fais maintenant partie du groupe "Formation de réseaux et interactions", groupe qui comprend des économistes, des mathématiciens, des informaticiens... On y travaille sur la modélisation des réseaux sociaux et de leur dynamique.

AI : Parlez-nous de la modélisation des systèmes sociaux...

DC: Lorsqu'on travaille sur la modélisation des systèmes sociaux, on ne peut se permettre de rentrer trop dans les détails, au niveau individuel, parce qu'il devient alors impossible d'étudier de grands systèmes en interaction. Par contre, pour la cognition individuelle, c'est le fait d'avoir des détails très fins qui nous intéresse. Donc toute la difficulté est de travailler suivant l'un des deux axes mais en essayant de se rapprocher le plus possible de l'autre, pour avoir les propriétés les plus intéressantes.

AI : Finalement, quel a été le sujet de votre mémoire de DEA ?

DC: Le titre final était "La thèse de Popper est-elle réfutable ?" J'ai travaillé sur un modèle que j'ai construit à partir justement de la théorie de Popper sur la découverte scientifique et l'évolution des sciences.

AI : Thèse dans laquelle Popper énonce que l'essor de la science se construit par propositions puis élimination des mauvaises théories...

DC: Oui. Mon idée était de voir comment s'autorégule la production scientifique au niveau d'une communauté scientifique, considérant un ensemble de personnes appliquant dans leur recherche les processus énoncés par Popper. Dans ce cadre, il faut savoir que le scientifique doit toujours faire face au compromis entre affiner sa théorie (et donc passer beaucoup de temps pour la contrôler) et publier rapidement ses travaux. Il y a donc un compromis entre la fiabilité de la théorie que l'on souhaite proposer, le temps qu'on y passe et le nombre de choses que l'on aimerait publier. D'un côté cela ne sert à rien de passer toute sa vie sur une théorie si c'est simplement pour affiner de tous petits détails. De l'autre côté, si on n'affine pas, on risque de publier n'importe quoi. Donc l'idée était d'essayer de formaliser la manière dont un chercheur gère ce compromis par rapport à l'anticipation d'actions collectives et à la dynamique globale de la communauté, c'est-à-dire de l'ensemble des théories qui sont publiées. Rajoutons aussi que, dans ce cadre, les chercheurs ont deux activités : publier des nouveautés ainsi que vérifier des théories déjà proposées et éventuellement les réfuter.

Ceci s'insère dans la théorie des jeux où on considère que lorsqu'on fait de la recherche, on aime bien publier et on n'aime pas se faire réfuter. On essaie alors de trouver un compromis entre ces deux équilibres, en sachant qu'on aimerait quand même publier un certain nombre d'articles. Ceci dépend aussi de l'état de la science à un niveau donné : si on est très conscient d'une certaine théorie, on voudra moins la vérifier; il y a une acceptation générale, on avance sur des bases sûres. Et puis, si l'expérience montre que des scientifiques viennent réfuter certaines bases de cette théorie, les bases commenceront donc à être moins sûres et il y aura alors tout un processus de vérification qui commencera à se mettre en marche, un peu comme lorsque de nouveaux paradigmes émergent. On trouve donc d'abord des données qui ne correspondent pas aux prédictions des théories actuelles. On essaie ensuite de comprendre pourquoi. Parfois aussi, c'est une théorie novatrice qui est proposée : la communauté essaie alors de voir si elle prédit mieux ce qu'on avait déjà observé.

AI : Et comment formalise t'on cela dans un modèle ?

DC: On a recours à une modélisation multiagents. On considère qu'il y a un monde à découvrir, monde qui préexiste, comprenant un ensemble de théories à découvrir. Chaque théorie a une certaine qualité, prédisant un ensemble plus ou moins large de phénomènes avec une précision plus ou moins grande. L'ensemble de théories à découvrir, c'est-à-dire le monde considéré, est simplement donné en fonction du niveau technologique d'une société. C'est comme cela que l'on pourrait justifier qu'il y a un ensemble préétabli défini, et que les précisions de mesure étant finies, cela donne un ordre du corpus de théories possibles. On peut donc considérer un monde fini, avec de plus ou moins bonnes théories le composant. On place donc une population d'agents devant ce monde-là et chacun pioche des théories et puis travaille sur celles-ci en essayant de découvrir leur fiabilité. Pour faire simple, au niveau de la modélisation, on dit qu'une théorie a une certaine probabilité entre 0 et 1 d'être en accord avec l'observation sur un test (et donc 1 moins cette probabilité d'être en désaccord). En gros, l'agent tire des variables binomiales pour voir quelle est la proportion des 1, par exemple. Il se construit alors une idée de la fiabilité de la théorie. Ensuite, il peut risquer de la proposer, ou non, suivant l'idée qu'il se fait de la probabilité qu'il aura de se faire réfuter. Ceci dépend de savoir si la communauté est très critique, ou pas. En fait, il s'agit plus là d'un processus de diffusion de connaissances. Par exemple, dans le milieu scientifique, les publications sont vérifiées assez précisément. Maintenant, il peut y avoir des milieux moins rigoureux. Le choix de publier ou pas dépend entre autres de la manière dont on s'imagine que la société va accueillir cette publication et la vérifier, ou au contraire va s'appuyer dessus pour construire d'autres choses.

Dans le cadre de la théorie des jeux, on regarde comment va évoluer ce corpus, avec des théories qui vont être affichées comme bonnes, certaines vont être réfutées donc affichées comme mauvaises, l'ensemble des théories à découvrir va diminuer jusqu'à ce qu'on ait trouvé les bonnes théories, en adéquation avec notre niveau technologique. Il s'agit donc d'étudier cette dynamique. En gros, on voit qu'il y a un compromis à faire entre la vitesse de découverte d'un domaine (le temps que l'on a mis à trouver toutes les bonnes théories et à jeter toutes les mauvaises) et puis la fiabilité de l'ensemble des théories affichées comme bonnes au cours du temps. C'est-à-dire que si l'on est trop consciencieux, la communauté attachera une grande importance à la vérification, et donc il y aura peu de publications. Les mauvaises théories restant dans l'ensemble des choses à découvrir, car non publiées, seront étudiées plusieurs fois par divers agents, d'où une perte de temps pour la communauté. Le temps pour découvrir l'ensemble des bonnes théories sera long, mais la fiabilité des théories reconnues sera grande. Par contre, si on est moins rigoureux, on va aussi publier un peu n'importe quoi sans précaution puis la communauté rentrera dans une phase de vérification. Cela est plus rapide en ce qui concerne le temps de découverte de l'ensemble des bonnes théories, mais durant cette recherche collective, le corpus des théories reconnues sera de piètre qualité.

AI : Mais n'est-ce pas là un simple jeu d'esprit ? Est-ce que votre modélisation a permis de vérifier tout cela sur une certaine branche scientifique ?

DC: Non pas encore, car j'ai encore des choses à affiner dans mon modèle. J'ai besoin pour cela d'avoir une modélisation plus fine et plus cohérente de l'anticipation des agents, et comment ces derniers adaptent leur comportement en fonction de ce qui se passe autour. Ceci m'a un peu bloqué dans ma recherche et puis, finalement, 6 mois de stage en DEA, c'est court. Mais je souhaite bien sûr un jour continuer ces travaux. Ma thèse s'intéresse à un autre domaine mais, finalement, avec les recherches que je suis en train de mener, j'ai mis en place d'autres formalismes qui pourraient sans doute permettre de mieux continuer ce précédent travail.

AI : Alors dites-nous : à votre avis la thèse de Popper est-elle réfutable ?

DC: (Rires). J'ai choisi ce titre pour mon mémoire parce que cela m'amusait. Parce que l'idée était de construire un modèle et de dire : si la thèse de Popper est vraie, alors ce modèle-là, s'il est bien ficelé, devrait montrer des phénomènes analogues à ceux que l'on observe.

Cette thèse serait donc réfutable si on pouvait construire un modèle montrant qu'elle ne correspond pas à la réalité. Mais le problème est alors qu'on pourra toujours vous rétorquer que c'est votre modèle qui est mal foutu. En tous cas, il s'agissait plus là pour moi de voir si cette thèse de Popper pouvait être corroborée, c'est-à-dire de construire un modèle qui montre des structures émergentes conformes avec ce qui est observé. A ce moment-là si ce modèle est tiré d'une conception à la Popper de l'évolution des sciences, on pourra dire que la thèse de Popper est valable. J'aimerais pouvoir vous donner la réponse mais il y a encore un énorme travail à faire, travail que je continue lorsque ma thèse m'en laisse le temps.

AI : Ce travail de DEA a donc débouché sur l'idée de faire une thèse, toujours au CREA...

DC: Ce que j'ai découvert dans ce DEA m'a beaucoup plu, DEA dans lequel j'ai essayé de comprendre comment les mathématiques en tant qu'outils peuvent aider à développer certaines branches d'autres sciences. C'est ce qui m'a poussé à continuer de travailler autour de la modélisation informatique et de m'orienter vers les problèmes de cognition sociale, donc la compréhension de grands systèmes sociaux.

AI : Quelles en sont les applications ?

DC: En économie, tout d'abord. Cela commence aussi à beaucoup se développer en sociologie. Mon travail consiste à essayer de trouver des formalismes plus appropriés que ceux existant actuellement.

AI : Par exemple ?

DC: Les travaux de micro-économie qui étudient des comportements d'agents passent par une modélisation de l'agent et de ses interactions avec les autres agents économiques. Il y a eu pendant quelques années la conception de l'agent rationnel égoïste, c'est-à-dire un agent optimisateur, qui prend ses décisions en optimisant sur les préférences. Inséré dans un modèle, ceci donne une certaine dynamique.

Ce qui m'intéresse c'est la définition de ces concepts de préférence, de l'optimisation : qu'est-ce que cela veut dire d'être rationnel égoïste ? Est-ce que cela correspond vraiment à ce que l'on peut observer ? Il y a pas mal de débats là-dessus. En tous cas, autour de cela se distingue aujourd'hui un problème très en vogue qui est celui de l'hétérogénéité des préférences dans la modélisation des populations d'agents. Dire que l'agent est rationnel égoïste, cela veut dire simplement que ses actions sont conformes à ses préférences. Mais en fait, cela reporte le problème à savoir quelles sont les préférences des agents que l'on met dans le système. Pendant très longtemps, les préférences dans la population d'agents étaient complètement homogènes et le comportement des agents changeait en fait en fonction des différentes interactions qu'ils avaient, et de leur histoire. Bien sûr, les préférences correspondaient exactement à ce qu'ils obtenaient matériellement de leurs interactions. Là où le terme égoïste est mal choisi, c'est que l'on peut très bien considérer des agents dont les préférences sont d'agir de manière altruiste. Dans ce cas précis, l'agent rationnel dans le sens où il anticipe les conséquences de ses actions de manière à choisir celle qui s'accorde le mieux avec ses préférences, choisira de manière égoïste (i.e. en ne considérant que ses propres préférences) d'être altruiste! On voit bien là que cadre standard de l'agent rationnel égoïste n'a pas de sens s'il y n'y a pas de moyen de donner des préférences hétérogènes aux agents de manière acceptable. Ceci est un problème central, non seulement en économie, mais de façon plus générale pour une meilleure compréhension des systèmes sociaux, du fait de formalismes communs. Parce que si on permet aux préférences d'évoluer sous l'influence des interactions que l'on a avec les autres, on obtient d'autres types de dynamiques qui nous permettent peut-être de formaliser des phénomènes d'un type nouveau. On pourra ensuite les comparer avec ce qu'on connaît. Ils permettront peut-être aussi de donner des exemples de dynamiques contre intuitives conduisant à mieux comprendre des phénomènes observés dans la vie courante.

Autour de ce problème, je me suis intéressé aux dynamiques mimétiques, au problème de l'influence que peut avoir, justement sur les préférences d'une personne, ses interactions avec son entourage, par les gens qu'il fréquente. Ceci a été très étudié ces dernières années, en ce qui concerne le problème de la diffusion technologique, par exemple pour savoir comment les gens adoptent une norme téléphonique ou un système d'exploitation sur un ordinateur... Ceci a été aussi étudié en matière d'économie avec des travaux sur le mimétisme sur les marchés financiers. En sociologie aussi, sur la diffusion de traits culturels.

Là encore, dans les phénomènes de mimétisme, il y a toujours le problème de définir l'imitation, en quoi va-t-elle consister ? Comment va t'on mettre pratiquement dans le modèle la notion "un agent imite un autre". Et là, c'est pareil : on voit bien qu'il existe différentes manières d'imiter. On peut imiter quelqu'un parce qu'on le fréquente souvent ou alors parce qu'il réussit particulièrement bien sur une certaine échelle de valeurs, par exemple parce qu'il est très riche ou a beaucoup de prestige... et on veut être comme lui ; on peut aussi imiter la majorité... Il y a donc différentes manières d'être influencé par son entourage...

AI : Si je vous suis bien, vous êtes en train de nous dire que dans une dynamique d'évolution multiagents, on ne s'était jamais vraiment penché dans les modèles sur la question de définir

précisément l'imitation, ce qui fait que quelqu'un imite l'autre. C'est là toute l'originalité de votre travail...

DC: Avant de vous répondre, il faut replacer la perspective d'étude de systèmes économiques et sociaux dans leur contexte historique. Il y a eu des approches qui ont très bien marché en biologie : ce sont les approches évolutionnistes. Comme cela, on a expliqué l'évolution des espèces par mutation, variation, sélection. Ensuite, les chercheurs ont commencé à étudier des phénomènes analogues, mais pour ce qui concerne l'évolution économique ou culturelle. Ceci a donné lieu à l'économie évolutionniste, thème apparu récemment et aujourd'hui en plein développement. Même chose pour les phénomènes d'évolution culturelle : il y a eu pas mal de modèles inspirés du formalisme biologique qui ont été introduits dans des phénomènes culturels. Cela se passait par variation, sélection sur des entités physiques. Parallèlement à cela, et toujours pour les systèmes sociaux, il y a eu des études sur des phénomènes, cette fois-ci mimétiques où là, il n'y a pas de sélection par génome. Les choses se propagent alors par diffusion à travers des mécanismes d'imitation. Il y a donc eu deux formalismes différents pour expliquer l'évolution culturelle.

AI : Ceci n'est pas vraiment nouveau...

DC: Oui, ce n'est pas nouveau. Mais si le mimétisme a déjà été évoqué à partir des années 30, ce n'est apparu au niveau des formalismes qu'à partir des années 80, grâce par exemple à des chercheurs comme André Orléans.

Il y a aussi des scientifiques qui essaient d'expliquer des évolutions culturelles - si on peut parler de culture - chez les animaux, qui cherchent à savoir comment se transmettent telles ou telles pratiques. Mais la question qui émerge lorsqu'on veut modéliser des phénomènes sociaux humains est la suivante : pourquoi les structures des systèmes sociaux humains sont tellement plus complexes et plus diversifiées que celles observées dans le règne animal. C'est un des problèmes que l'on doit se poser lorsqu'on fait ici de la modélisation : il faut rechercher des propriétés des agents qui vont être spécifiques aux êtres humains. Donc, pour résumer, on dispose aujourd'hui de modèles évolutionnistes et de modèle mimétiques. La tendance est maintenant de croiser les deux et, de plus en plus, de trouver des mécanismes qui seraient propres aux humains ou alors mis en place de manière bien plus performante par les humains. Par exemple, on dénombre un très grand nombre de travaux - auxquels je me suis intéressés- qui concernent le problème de l'émergence de la coopération, basés autour du dilemme du prisonnier (voir encadré), répété avec plusieurs joueurs.

AI : Vous vous attachez donc à développer un formalisme croisé (modèle biologique, modèle mimétique) qui pourrait être intéressant...

DC: Oui. Et dans ce cadre, j'essaie de répondre à la question : "Qu'est-ce que cela veut dire qu'un trait culturel, ou une pratique en économie, se répand dans la population. Et pourquoi se répand-elle. Quels sont les mécanismes ?" Cela peut être par des phénomènes mimétiques mais, à ce moment-là, quels sont-ils ? Cela peut-être aussi par des modèles de variation/sélection, mais alors sélection sur quels critères ? En biologie, il y a ce qu'on appelle la fitness, qui est définie comme le taux de vie moins le taux de mort, ceci nous permettant d'étudier de manière théorique les populations en disant, par définition, qu'une population se reproduit proportionnellement à sa fitness.

Maintenant, lorsque l'on parle de phénomènes économiques ou culturels, les choses sont beaucoup moins claires. Mes dernières recherches consistaient donc à trouver quelles sont les caractéristiques qui sont propres aux humains dans les phénomènes mimétiques, ceci de manière à essayer de trouver un moyen de rendre endogène, c'est-à-dire interne au système, les différents principes mimétiques qui seront mis sur les agents. Ceci revient à faire en sorte que ce ne soit pas le modélisateur qui décide que tous les agents sont rationnels égoïstes, ou que chacun essaie de faire comme tout le monde, ou que chacun essaie d'imiter celui qui réussit le mieux, mais que ce soit le

système qui se structure pour faire émerger de telles règles. Ce choix dépend bien sûr des capacités cognitives que l'on donne aux agents : pour imiter celui qui a la plus grande force physique, il faut que l'agent puisse reconnaître ce qui fait la force chez un autre.

AI : Et comment faites-vous pour que ce ne soit pas le modélisateur qui décide au départ des propriétés qu'auront les agents ?

DC : L'idée que je creuse actuellement est que ce qui différencie les processus d'imitation chez l'animal et chez l'homme réside dans le fait que l'homme peut, d'une certaine manière, contrôler ses processus d'imitation : il est influencé par les autres mais il peut aussi manipuler les règles par lesquelles il va être influencé. Dit d'une autre façon, cela veut dire que les humains ont conscience d'être des organismes qui apprennent, ils ont conscience des règles et ils peuvent agir sur ces règles. Nous avons donc la capacité que n'ont pas les autres animaux (à part peut-être certains grands singes) de passer à un méta niveau, c'est-à-dire avoir un certain niveau cognitif, avoir un point de vue sur ce niveau cognitif et réfléchir à la façon de manipuler les objets de ce niveau. Par exemple, concernant l'imitation, on a des règles et on peut les formaliser. Et connaissant ces règles-là, on peut agir dessus et éventuellement les changer. Les êtres humains sont les seuls à pouvoir faire cela. Les grands singes semblent aussi dans une certaine mesure pouvoir passer au méta niveau, mais sont très limités dans cette capacité et ne sont pas capables d'empiler plusieurs méta-niveaux.

Partant de cette idée assez simple, j'essaie de voir comment introduire ce phénomène dans un cadre multiagents. Dans ce modèle, non seulement un agent a une règle de mimétisme qui lui permet de changer son comportement en fonction du comportement des autres, mais comme il sait qu'il a une règle de mimétisme, il peut aussi changer cette règle-là en fonction des règles qu'il peut observer, ou inférer, chez les autres agents qu'il fréquente. Et de ce fait, il y a à la fois une dynamique comportementale et une dynamique au niveau des règles utilisées. Il y a donc une dynamique sur la dynamique. Et cela conduit à des systèmes avec des propriétés qui semblent assez étonnantes. Ils montrent à la fois une structuration des populations artificielles que l'on considère, une structuration hétérogène comme on peut l'observer dans les systèmes sociaux (ceci revenant à dire que les gens sont différents - il peut bien sûr y avoir des groupes, avec des similitudes mais, dans l'ensemble, c'est très hétérogène), mais aussi une structuration qui ne se fait pas n'importe comment. Au niveau des dynamiques de la population, dans l'espace des paramètres que l'on se donne pour le modèle initial, il n'y en a qu'un très petit nombre qui émergent. Il y a donc une structuration de l'ensemble des sociétés artificielles possibles, que l'on peut observer.

Mon travail actuel consiste donc à continuer mes recherches à partir de cette idée : comment rendre les règles de mimétisme endogènes par ce mécanisme d'autoréférence au niveau individuel, et voir si cela ne peut conduire à des formalisations plus élégantes dans la modélisation des systèmes sociaux.

AI : Avez-vous testé votre modèle. En avez-vous tiré des lois ?

DC : Pour l'instant, il s'agit vraiment d'une recherche qui débute, nouvelle et originale. J'ai commencé des travaux informatiques de simulation pour voir comment se comportait ce genre de systèmes. Maintenant, je les étudie d'un point de vue analytique. Pour ce qui est du comportement de ce genre de systèmes, lorsque je discute avec d'autres chercheurs que cette idée intéresse beaucoup, on en arrive toujours à : "il faudrait essayer ce formalisme-là sur tel modèle". C'est comme une espèce de plug-in : une idée qui permet de rendre endogène les mécanismes et processus d'imitation. Il faut savoir qu'il y a eu pléthore de modèles sur tel ou tel système social ou économique, modèles utilisant des mécanismes d'imitations. Mon idée est de voir ce qui change dans ces modèles lorsqu'on rajoute cette espèce de plug-in, de voir si cela réussit mieux. En fait, si ces modèles essaient déjà de faire un lien avec l'expérience. En rajoutant ce plug-in, ce lien sera plus ou moins réussi. Si cela réussit mieux, cela veut dire que le fait d'avoir une espèce de conscience des règles d'apprentissage et de pouvoir les modifier au niveau individuel participe au fait que les sociétés humaines sont si

différentes des sociétés animales que l'on peut observer. Donc cela peut éventuellement améliorer les modèles actuellement disponibles où, à mon avis, le défaut réside dans le fait que les propriétés des agents sont données au départ par le modélisateur.

AI : Vous avez donc testé votre modèle en le comparant à d'anciens modèles...

DC: Oui, mon premier travail a été de reprendre un modèle très simple qui avait été proposé par Nowak et May en 1992 sur le problème du prisonnier spatial et de l'émergence de la coopération, et de rajouter cette couche qui permet aux agents de choisir leur règles d'imitation. En comparant les résultats, on observe une meilleure structuration des phénomènes étudiés et, surtout, on voit que les dynamiques sont beaucoup plus stables. Pas en termes de stabilité locale, mais en termes de stabilité au niveau de la dynamique elle-même. C'est-à-dire qu'il y a un faible nombre de dynamiques qui apparaissent, qui peuvent caractériser des systèmes sociaux qui se mettent en place.

Je viens d'ailleurs de proposer un article sur le sujet au journal Nature.

AI : Comment voyez-vous la suite de vos travaux

DC: Précisons que le modèle de Nowak et May est un modèle relativement simple et déjà ancien. Je considère maintenant des modèles plus récents, bien plus compliqués. De la même manière, j'y rajoute cette dimension d'auto-référence et de méta-mimétique, et je regarde ce que cela change dans les résultats précédemment obtenus.

Maintenant, je suis également en train de travailler sur d'autres choses, qui incluent aussi des problèmes de sélection naturelle. Là, mon idée repose sur un constat : si l'on regarde l'évolution génétique de l'homme sur les derniers milliers d'années, il n'y a eu pratiquement aucune évolution au niveau génétique ; en revanche, en ce qui concerne le niveau culturel ou technologique, et si l'on se réfère au siècle dernier, cela n'a plus rien à voir avec ce qu'on voit aujourd'hui. Cela veut dire que l'évolution des sociétés humaines se place maintenant à un autre niveau : nous n'évoluons plus principalement de manière génétique, mais par des voies culturelles, technologiques et économiques. Alors, quelle est l'essence de cette dynamique ? Désormais, il s'agit donc à mon avis de phénomènes de transmission culturelle, par l'imitation au sens large, imitation au sens large voulant dire que l'on choisit, dans l'ensemble des gens qu'on fréquente, un sous-ensemble de gens desquels on va essayer d'apprendre certaines choses.

AI : Cette accélération des acquis sociologiques ne proviendrait-elle pas tout simplement du fait que cela va maintenant bien plus vite d'aller d'un côté de la planète à l'autre, d'une explosion récente aussi des réseaux d'informations et de communication...

DC: Oui, bien sûr. Mais remontons simplement à deux siècles d'ici, où l'on n'avait pas tout cela, pas d'électricité... : l'évolution culturelle entre il y a 6000 ans et il y a deux siècles s'est faite beaucoup plus rapidement que n'a évolué notre génome, qui n'a d'ailleurs plus évolué. Donc mon idée est que la structuration spécifique des sociétés humaines n'est pas particulièrement due à des phénomènes génétiques. Ces derniers ont pu l'amorcer en nous donnant des capacités cognitives particulières, mais la structuration s'est faite ensuite par d'autres processus. Et à mon avis, un de ces processus, très important, est celui de transmission sociale par des processus d'imitation. Et celui-ci va beaucoup plus vite car on n'a pas besoin d'attendre de mourir pour pouvoir faire une variation et puis éventuellement la sélectionner... nous la faisons nous même par influence par rapport aux autres et en changeant nos propres règles.

AI : Que pensez-vous de la mémétique, dont nous parlons souvent sur notre site. Comme il y aurait le gène, il y aurait le même - "entité répliquative d'idées", sorte d'agent répliquant soumis aux règles de l'évolution darwinienne, qui profiteraient de nos cerveaux pour se transmettre... Après sélection ne se transmettraient de cerveaux à cerveaux que les idées les plus "fortes"...

DC : Oui, je connais la mémétique. Mais il s'agit des idées les plus fortes par rapport à quoi ?

AI : Idées les plus "fortes", au sens Darwinien...

DC : Oui, mais alors idées les plus fortes par rapport à un certain écosystème. Si on regarde l'évolution des espèces, la fitness d'une espèce dépend des autres espèces et de l'environnement dans lequel elle se trouve. Traverse-t-elle par exemple une période glaciaire, une période chaude, vit-elle dans les montagnes, etc. Donc si on veut faire l'analogie et garder la terminologie de méméticiens, une idée n'est pas forte en soi. Sa "force" va dépendre des autres idées qui sont en présence, et de leurs écosystèmes, au sens substrat, et donc des réceptacles. Comment sont ces réceptacles ? A mon avis, on ne peut pas étudier la mémétique sans savoir quelles sont les propriétés de ces réceptacles. Si on veut en savoir plus sur la propagation d'entités comme les mêmes, il faut aussi savoir ce qui fait qu'ils vont être plus ou moins acceptés. Alors on peut voir cela comme des méta-mêmes : cela peut être aussi justement une des propriétés cognitives de l'être humain qui est la manipulation de ses propres règles d'apprentissage et d'imitation. A ce moment-là, les travaux sur lesquels je me penche peuvent justement permettre de voir quels types d'écosystèmes peuvent rencontrer les idées.

AI : Les scientifiques français sont-ils novateurs dans les domaines que vous étudiez ? Quelle est ici l'excellence de la France par rapport aux autres pays ?

DC : Disons que dans notre domaine, la France commence à se réveiller... Les leaders sont les américains mais nous commençons à avoir aussi de très bons chercheurs et de très bons laboratoires autour des sciences cognitives, autour aussi de la modélisation multiagents. Mais il faut savoir que le fait d'avoir chez-nous des licences, maîtrises et DEA de sciences cognitives est très récent.

Et puis, les approches pluridisciplinaires viennent maintenant en force grâce par exemple au CNRS qui met en place des sections pluridisciplinaires. Là aussi c'est très récent. Citons par exemple de nouveaux départements, comme le STIC (1), qui sont multicritères.

Donc avant, c'était très dur de faire une carrière comme celle que j'aimerais faire parce qu'il fallait vraiment d'abord s'inscrire dans sa discipline et de profiter de l'indulgence des autres pour faire des choses un peu à côté. Maintenant on peut espérer que la pluridisciplinarité sera recherchée.

Il est vrai aussi que j'ai eu de la chance, de fait par mon cursus : à partir du moment où on a fait l'école normale supérieure, on bénéficie d'un certain crédit par rapport aux professeurs des DEA que l'on pourrait aller voir, et qui disent plutôt oui à certains sujets de recherche. Peut-être est-ce peu plus dur pour un étudiant ayant suivi une filière purement "faculté" et qui veut faire des recherches un peu en dehors des chemins battus.