

BULLETIN N° 127
ACADÉMIE EUROPEENNE
INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



Séance du mardi 16 septembre 2008 :

*Débats et décisions concernant le
Congrès sur l'émergence*

Prochaine séance le mardi 14 octobre 2008 :

Conférence de nos Collègues Alain Cardon et Pierre Marchais :

« système psychique humain - système psychique artificiel »

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

PRESIDENT : Michel GONDRAN
SECRETAIRE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN
TRESORIER GENERAL : Bruno BLONDEL

PRESIDENT FONDATEUR : Dr. Lucien LEVY (†)
PRESIDENT D'HONNEUR : Gilbert BELAUBRE
SECRETAIRE GENERAL D'HONNEUR : Pr. P. LIACOPOULOS (†)

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUJJI
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES : Pr François BEGON

PRESIDENT DE LA SECTION DE NICE : Doyen René DARS
PRESIDENT DE LA SECTION DE NANCY : Pierre NA BET

septembre 2008

N°127

TABLE DES MATIERES

- P. 3 Compte-rendu de la séance du mardi 16 septembre 2008
- P. 7 Compte-rendu de la section de Nice-Côte d'Azur du 17 juillet 2008
- P.10 Convocation à l'Assemblée générale-Pouvoir-Acte de Candidature
- P. 12 Documents

Prochaine séance: Mardi 14 octobre 2008
 MSH, salle 215-18heures
Conférence de nos Collègues Alain CARDON
et Pierre MARCHAIS

« système psychique humain - système psychique artificiel »

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES
Maison des Sciences de l'Homme, Paris.¹

Séance du
Mardi 16 septembre 2008

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 la présence de nos collègues, Gilbert BELAUBRE, Gilles COHEN-TANNOUDJI, Françoise DUTHEIL, Jean Pierre FRANCOISE, Irène HERPE-LITWIN, Saadi LAHLOU, Pierre MARCHAIS, Victor MASTRANGELO, Alain STAHL

Etaient excusés :François BEGON, Bruno BLONDEL, Alain CARDON, Marie-Louise LABAT, Gérard LEVY, Jacques LEVY

« Débat et décisions concernant le congrès sur l'émergence ».

Le congrès « *Emergence : de la fascination à la compréhension* » se tiendra les lundi et mardi 15 et 16 décembre dans l'amphithéâtre BUFFON de l'Université DIDEROT Paris VII (Nouveaux locaux situés à proximité de la BNF et de la Halle aux Farines Paris 13^{ème}).

1) FINANCEMENT

L'ensemble des crédits demandés auprès des organismes publics n'ont pas encore complètement été garantis , néanmoins comme pour le congrès « Physique et conscience » la solution « inscription par écrit avec accès gratuit » recueille la plupart des suffrages. Cette dernière solution nous épargne la tenue d'une comptabilité pénible avec des frais d'accès qui diffèrent selon les catégories d'inscrits.

L'amphithéâtre nous sera prêté gratuitement et il nous restera donc à financer :

- Les frais de déplacement et d'hôtel des conférenciers qui ne sont pas parisiens (6 conférenciers)
- Les frais de restaurant pour l'ensemble des conférenciers

Eventuellement, il faudrait trouver un moyen de réaliser des video-conférences à diffuser ensuite sur le site de l'AEIS.

Grosso modo les dépenses ne devraient pas excéder 7500€.

2) CONFERENCIERS-PROGRAMME -Après discussion voici le programme :

¹ Pour toute information s'adresser à : Irène HERPE-LITWIN 39, rue Michel Ange 75016 PARIS 01 47 43 02 65- herpei@noos.fr

LUNDI 15 DECEMBRE

Accueil à partir de 8.30.

9.00 Guy Cousineau, Président de l'Université Paris Diderot: *Allocution d'accueil.*

9.10 Michel Gondran, Président de l'AEIS: *Présentation du congrès.*

9.20 Jules Hoffmann, Président de l'Académie des Sciences : *Adresse au congrès.*

PREMIERE SESSION : Bien poser le problème

9.30 Hervé Zwirn, Directeur à l'Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques : *Apparition et développement des concepts d'émergence.*

10.10 Jean-Paul Delahaye, Professeur à l'Université des Sciences et Technologies de Lille: *Emergence et complexité de Kolmogorov.*

10.50 Pause.

11.00 Roger Balian , Académie des Sciences : *Emergence et réduction en Physique statistique.*

11.40 Pierre Couillet, Professeur à l'Université de Nice, Directeur de l'Institut Non Linéaire : *Les modèles non linéaires de l'émergence.*

12.20 Pause repas.

DEUXIEME SESSION: Modélisation des phénomènes émergents

14.00 Hugues Chaté, Directeur de Recherche au CEA : *L'émergence par le chaos.*

14.40 Philippe Huneman, Chargé de Recherches à l'Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques : *La combinatoire et la computation : Outils mathématiques pour décrire les phénomènes émergents.*

15.20 Denise Pumain, Professeur à l'Université Paris 1, Directrice du laboratoire Géographie-cités : *Modélisation des processus émergents dans les sciences humaines et sociales..*

16.00 Pause

16.20 Jean-Jacques Kupiec , Directeur de Recherches à l'Ecole Normale Supérieure: *Modèle biologique d'automates cellulaires probabilistes.*

17.00 POSTERS

17.40 Fin de session.

MARDI 16 DECEMBRE

TROISIEME SESSION : L'émergence cas par cas

9.00 Bernard WALLISER, Ecole d'Economie de Paris (ENPC,EHSS) : *Processus émergents en économie*

9.40 Arnaud BANOS, Chargé de Recherche au CNRS : *Simulation de processus émergents dans l'espace géographique*

10.20 Pause.

10.40 Christophe DOMAIN EDF R et D , Département Matériaux et Mécanique des Structures : *Simulation de l'émergence de défauts sous irradiation dans les matériaux de réacteurs nucléaires*

11.20 Hugues BERSINI , professeur à l'Université libre de Bruxelles : *Ce que la vie Artificielle nous enseigne sur l'émergence.*

12.0 Pause déjeuner

14.0 Stéphane TIRARD, Maître de conférences à l'Université de Nantes : *Les origines de la vie sur terre : entre déterminisme et contingence.*

14.40 Christophe MALATERRE, Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques : *Origines de la vie : émergence ou explication réductive ?*

15.20 Michel CABANAC , Professeur à l'Université de Laval : *L'émergence de la conscience dans la phylogénèse.*

16.00 Pause.

SESSION DE CLÔTURE.

16.20 . Gilles Cohen-Tannoudji, CEA : *Le fondamental, l'effectif et l'émergent*

17.00 TABLE RONDE Emergence, ontologies , épistémologie.

17.50 Michel Gondran Remerciements et conclusion

FIN DU CONGRES

3) APPEL A COMMUNICATIONS

Contractuellement il nous faut effectuer un appel à communications (Posters).

4) INSCRIPTIONS

Avant la fin du mois d'octobre il faudrait diffuser aussi largement que possible le programme du congrès . Lieux suggérés : Université Paris VII DIDEROT, BNF, CNAM, JUSSIEU, CHU.. etc.... Il ne faut oublier non plus le lien avec le congrès PIF (Physique et Interrogations Fondamentales) qui se tiendra le 10 décembre 2008 à la BNF « Les modèles - possibilités et limites- jusqu'où va le réel ? »

5) PUBLICATION DES ACTES

Un texte en anglais et un résumé en français sera demandé à chaque conférencier avant le congrès. Les textes en anglais pourraient être publiés par les éditions SPRINGER. Les textes en français peuvent être imprimés par le même imprimeur que celui qui s'est chargé de « l'irruption des géométries fractales dans les sciences »...

6) CLÔTURE

Pour clôturer la séance notre Président nous propose une « Histoire interdisciplinaire de l'émergence ». Il revient sur ce qui caractériserait l'émergence, à savoir le fait que les propriétés émergentes ne pourraient s'expliquer par les seules propriétés des parties. Il évoque le caractère temporaire de cette non-explicabilité. Il cite en exemple les apports de la mécanique quantique par rapport à la physique classique, l'émergence des intuitions décrites par Poincaré. Il évoque le rôle des millions de possibles qui sont filtrés et l'émergence de l'idée, ceci en analogie avec les processus de sélection darwinienne.

Après quoi la séance est levée à 20 heures ,

Bien amicalement à vous,

Irène HERPE-LITWIN

Compte-rendu de la section Nice-Côte d'Azur

Etudier sans réfléchir est vain.
Réfléchir sans étudier est dangereux
Confucius

Compte-rendu de la séance du 17 juillet 2008 (117^{ème} séance)

Présents :

Richard Beaud, Alain Bernard, Sonia Chakhoff, Patrice Crossa-Raynaud, René Dars, Jean-Pierre Delmont, Yves Ignazi, Jean-Paul Goux, Jean-François Mattéi, Maurice Papo.

Invité :

Thierry Gontier.

Excusés :

Jean Aubouin, René Blanchet, Pierre Couillet, François Cuzin, Guy Darcourt, Jacques Lebraty, Jacques Wolgensinger.

1- Approbation du compte-rendu de la 116^{ème} séance.

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

2- Le mois écoulé.

Crédits du Conseil Général : notre dossier de demande de subvention pour 2008 s'est trouvé mélangé à ceux de 2007 et n'a pas été pris en compte. Mme Chakhoff doit renouveler notre demande pour 2009 en veillant à ne l'apporter que le 31 octobre pour éviter que la même mésaventure ne se reproduise.

Réunion sur l'Europe à la Mairie : le 17 juillet s'est tenue à la Mairie une réunion consacrée aux relations de Nice avec l'Europe. Notre Président était invité. Les représentants de plusieurs associations qui s'occupent de l'Europe se sont exprimés. M. Bernard Asso, adjoint du Maire, a souhaité que les activités de notre Académie s'orientent -si possible- vers l'Europe. Le Président a indiqué que nous projetions un cycle sur « *La Méditerranée : foyer de la connaissance* » et que nous étions à l'origine d'ICRANET. Une prochaine réunion aura lieu dans un mois.

3- Les lundis de la connaissance.

▲ Nous avons pensé demander au Professeur Gouguenheim, normalien, professeur à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon, d'assurer une séance de notre cycle avec Jean-François Mattéi comme suite à son livre : « *Aristote et le Mont Saint-Michel* » où il défend la thèse des racines grecques et chrétiennes de l'Europe.

Ce livre a récemment fait l'objet d'attaques nombreuses et d'une pétition de la part de certains de ses collègues dont certains ont avoué l'avoir signée sans avoir lu le livre. Où va se nicher le politiquement correct ?

Selon Jean-François Mattéi, tout ce que décrit M. Gouguenheim dans son livre est connu de spécialistes. Son rôle a donc été seulement de réunir ces connaissances dans un livre grand public. Ceux qui l'ont attaqué sont manifestement de mauvaise foi.

Les philosophes arabes comme Averroès, Avicenne, ne connaissaient pas le grec pour la bonne raison que, pour les musulmans, la seule langue qui comptait était la langue arabe, la langue de Dieu puisque Dieu a dicté le Coran en langue arabe. Ces philosophes ont donc utilisé des traducteurs pour passer du grec à l'arabe. Ce sont des Syriaques, dont la langue est voisine de l'araméen, qui étaient alors tous chrétiens et connaissaient le grec et l'arabe, qui ont fait le travail.

Ce sont donc des chrétiens qui ont transmis, via leur langue, Platon, Aristote, Hippocrate, Galien, etc. aux Arabes.

Mais le problème est que les auteurs arabes qui ont interprété des textes ayant passé par des traductions successives, ont souvent fait des contresens. C'est ainsi qu'Averroès a des difficultés à interpréter certains paragraphes d'Aristote déformés par les traductions. D'où des exégèses compliquées alors que la consultation des originaux grecs aurait suffi.

La thèse du professeur Gouguenheim, qui est un médiéviste, est intéressante même si elle peut être discutée dans les détails : la transmission de la pensée grecque aurait été la même s'il n'y avait pas eu les Arabes. Ils ont eu un rôle, mais pas essentiel dans la mesure où il y a eu d'autres chemins que l'on a découverts peu à peu, en particulier celui des moines du Mont Saint-Michel, notamment Pierre de Venise.

Le livre d'Aristote, « La philosophie » n'a jamais été traduit en arabe et n'a donc été connu en Occident qu'au 12^{ème} siècle, à partir de textes grecs.

Nous sommes convenus de demander au Professeur Gouguenheim de participer à notre cycle de conférences, mais un peu plus tard.

▲ Notre confrère Richard Beaud propose une réflexion philosophique sur la notion même de commencement et souhaite pour cela s'associer avec Pierre Cruzalebes, chargé de recherches en astrophysique, Observatoire de la Côte d'Azur, avenue Copernic à Grasse.

Jean-François Mattéi est très intéressé par cette approche et pour l'illustrer, rappelle un souvenir d'enfance : « Je devais avoir 6 ou 7 ans et je regardais une bande dessinée où il y avait évidemment des phylactères (ballons) qui étaient reliés à la bouche des personnages par une sorte de fil indiquant ce qu'ils étaient en train de dire. Or, un des dessins figurait un personnage se tenant le menton et le phylactère était remplacé par des petits ronds. Cela voulait dire que le personnage ne parlait pas et j'ai compris alors, du premier coup, que le personnage pensait mais aussi que moi-même je venais de comprendre en silence que ce personnage pensait intérieurement. J'ai fait ainsi une spéculation (de *speculatio* = miroir), j'ai réfléchi. »

Maurice Papo se déclare intrigué par la notion de commencement. Pour un être humain, tout commencement est-il simplement une prise de conscience ?

Jean-François Mattéi : le commencement de la pensée, ce n'est pas la première fois où on a pensé avoir pensé mais, en réalité, on a déjà pensé avant. Il y a eu une discontinuité. Il n'y a pas plusieurs schémas de la pensée humaine, pas plusieurs types de modélisation. Les moules peuvent changer mais le type de moulage est le même.

▲ Alain Bernard : la biologie des systèmes complexes est en train de prendre une importance considérable en médecine. Entre deux malades ayant un cancer du sein, pourquoi l'une réagit au traitement et l'autre pas ? Pour comprendre, on analyse grâce à l'informatique tous les gènes, on étudie ceux qui sont liés au cancer du sein et où sont les différences. Les systèmes complexes sont ceux qui comportent de nombreuses variantes qui sont prises en charge par l'informatique.

Selon Jean-François Mattéi, il y a, à Nice, un maître de conférences de philosophie, Antoine Miquel, biologiste d'origine, qui est un spécialiste des systèmes complexes. On pourrait l'associer dans un tandem sur ce sujet avec Alain Bernard.

4- Divers.

Les commencements : Richard Beaud pense organiser une série de conférences au couvent des Dominicains sur « Les commencements » en réaction avec le créationisme américain actuel. Il y aura donc des conférences sur le commencement de l'univers, puis de la vie, puis de l'homme, puis de la pensée philosophique et enfin sur les trois premiers livres de la Genèse.

*

Pas de réunion en août.

*

Prochaine réunion
le jeudi 18 septembre 2008 à 17 heures
au siège : Palais Marie Christine - 20 rue de France
06000 NICE

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

PRESIDENT : Michel GONDRAN
SECRETARE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN
TRESORIER GENERAL : Bruno BLONDEL

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

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUDJI
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES : Pr François BEGON

PRESIDENT DE LA SECTION DE NICE : Doyen René DARS
PRESIDENT DE LA SECTION DE NANCY : Pierre NA BET

ASSEMBLEE GENERALE 2008
Convocation

L'assemblée générale ordinaire de l'Académie Européenne Interdisciplinaire des Sciences (AEIS) se tiendra le :

Mardi 18 novembre 2008 à 18 heures,
Salle 215 de la Maison des Sciences de l'Homme,
54 Bd Raspail, Paris 6^{ème}

Vous êtes cordialement prié d'y prendre part. L'ordre du jour de l'assemblée générale est le suivant :

Rapports des Présidents de section
Rapport moral du Président
Rapport financier ; rapport des contrôleurs,
Votes sur les rapports.
Elections aux postes du Bureau.
Questions soumises à l'Assemblée Générale.

Les courriers relatifs à cette assemblée, en particulier les demandes d'inscriptions de questions à l'ordre du jour, et les actes de candidatures sont à adresser au Secrétaire général avant le 4 novembre 2008:

Irène HERPE-LITWIN 39, rue Michel Ange 75016 PARIS.

En cas d'empêchement, nous vous prions de transmettre le pouvoir ci-dessous à un membre de l'Académie, à votre choix. Je vous rappelle que tous les membres de l'Académie qui sont à jour de leurs cotisations sont habilités à voter

Bien à vous,

Irène HERPE-LITWIN

POUVOIR

(à remettre au chargé de pouvoir de votre choix)

Je soussigné(e)

membre de la section de :.....de l'AEIS

donne pouvoir à :

membre de la section dede l'AEIS

pour me représenter à l'assemblée générale de l'Académie, le 18 novembre 2008.

(lieu et date).....

Bon pour pouvoir
(signature)

**DEMANDE D'INSCRIPTION DE QUESTIONS A L'ORDRE DU JOUR
DE L'A.G. du 18 novembre 2008**

(à transmettre au Secrétaire général)

Question(s):

Nom,

Prénom : date :Signature.....

Section :

ACTE DE CANDIDATURE

(à transmettre au Secrétaire général)

Je soussigné(e)

membre de la section de l'AEIS de :

souhaite présenter ma candidature au poste de :.....

lors du renouvellement du bureau de l'AEIS du 18 novembre 2008

(lieu et date).....

(signature)

Conscience artificielle de la disponibilité de son corps pour un robot autonome

Alain Cardon

Ancien professeur à l'Université du Havre

Chercheur au LITIS INSA de Rouen.

Alaincardon@AOL.com

1 - Introduction

Un robot mobile autonome est un système fort compliqué mêlant beaucoup d'électronique, de mécanique et d'informatique. Pour doter un tel robot d'intentions propres, il faut, encore et toujours, beaucoup d'audace. La robotique est, au sens universitaire, une discipline en soi, et ses spécialistes ne se préoccupent pas encore des éventuelles intentions dont les robots pourraient être dotés. La notion d'intention appartient toujours à la psychanalyse et à la philosophie et, aujourd'hui comme hier, il n'est pas très simple de faire se mêler des domaines très différents.

Nous allons proposer une architecture pour un système permettant de doter des robots mobiles d'intentions, de sensations artificielles dont celle de la maîtrise de son propre corps. Nous allons montrer comment on peut doter des "machines autonomes" de certaines capacités réservées habituellement aux humains dans le domaine du sensible, et nous allons ainsi ouvrir un peu plus la route vers les animats les plus fortement humanisés possibles et qui sont dotés de corps artificiels en expérimentant continûment cette propriété.

Mais un tel corps qu'un robot saurait, pour lui-même, posséder, n'est que le premier pas d'une longue et complexe démarche. Car un corps, quel qu'il soit, impose nécessairement de se poser des questions : pourquoi *ce* corps ? qu'en faire et quel est-il devant le corps de l'Autre ? Alors, du scientifique adepte de l'évolution par le hasard générant des organismes évolués à Frédéric Nietzsche posant le principe de puissance, la voie est large. Qu'est-ce qui pousse à vivre et à être, dans ce corps qui héberge un esprit ? Et où est la notion de vérité dans ce problème ?

Nous référerons dans ce texte à Aristote, Husserl, Kant, Freud ou Heidegger, qui ont toujours et encore beaucoup à nous apprendre sur ce qui concerne l'Homme et son être, surtout si l'on est constructeur de systèmes informatiques visant à l'autonomie. La question de la corporéité des robots est aussi, indissociablement, la question de la pensée des robots, puisque personne ne peut se savoir doté d'un corps et l'utiliser sans penser ce corps, sans savoir qu'il peut le penser en existence et en action intentionnelle. Sinon, un organisme autonome à assise physique délimitée, comme un robot ménager, restera un système contrôlé qu'il est raisonnable d'appeler une machine.

En fait, la question est profonde : il s'agit de la question de l'apparaître, de l'apparition en soi et pour soi des choses du monde dans son esprit qui produit des représentations. Cette question a été en partie traitée par Descartes avec la notion de sujet, le *subjectum*, qui est alors considéré dans ce monde comme ce qui permet l'appréhension et révèle l'apparaître *tel il est*. L'hypothèse est très forte et confère à ce sujet une propriété transcendante et distinctive parmi les êtres vivants. Elle a ensuite été réglée, d'une autre façon, par E. Kant [in Kant *Critique de la raison pure*] en posant que ce qui se tient en présence et est appréhendé par un sujet est et n'est qu'un *objet*, un objet qui est *déjà là*, et que le sujet peut, par sa propriété fondamentale et distinctive, appréhender comme l'objet qu'il est. Ceci n'était pas du tout la façon d'appréhender les choses du monde pour les grecs présocratiques, pour lesquels les choses se *mettaient en présence* et apparaissaient, d'une certaine façon, se dévoilaient ou bien

n'apparaissent pas et restaient voilées. Et puis, M. Heidegger ira beaucoup plus loin, en dépassant à la fois cette pensée grecque et la réduction kantienne, en posant le regard sur le déploiement de l'apparaître même, et ainsi sur le fait que ce déploiement peut se saisir comme apparaître lui-même, sans qu'il n'y ait là objet [in Heidegger *Acheminement vers la parole*, 1976]. Alors, la pensée sur les choses ira à la limite, et l'on pourra dire, après lui, que l'homme ne pense pas encore, car il ne pense pas en même temps la raison et les conséquences de sa pensée qui émerge à chaque instant.

Les sciences cognitives en général ont opté pour la réduction kantienne. Les choses du monde sont considérées comme des objets qui sont là, disponibles et à saisir, à interpréter de la juste façon par des raisonnements formels. Certes ! Mais il reste quand même la question suivante : comment faire penser son corps à un robot, en sachant que ce corps auquel il penserait ne serait plus un objet posé là et disponible, et que la pensée de cet acte de penser cette apparition de son corps ne se réduise plus à la pensée d'un objet mais soit l'émergence consciente d'un certain Soi ? Il faudra choisir une certaine philosophie de l'esprit et une certaine approche de modélisation vraiment constructiviste.

2 – Concepts et définitions

Nous posons les définitions préliminaires conduisant à la précision des notions de corps et d'esprit pour un système artificiel.

Entité

Nous appelons ici entité ou encore robot autonome la réunion d'un substrat matériel et d'un système logiciel permettant de déployer un comportement adaptatif.

Nous dirons qu'un comportement est adaptatif s'il n'est pas stéréotypé, ni irrationnel, ni chaotique, ni strictement déterminé. Il est alors, nécessairement, en situation d'adéquation plus ou moins harmonieuse avec son environnement.

Substrat matériel

Ensemble des composants matériels d'une entité, comprenant par exemple des capteurs et leurs mémoires tampons permettant de représenter des valeurs numériques.

Le substrat est évidemment donné à la construction du robot. Sa complexité en nombre de capteurs permettra de doter ou non l'entité d'adaptabilité. Par contre, le système permettant de traiter les informations venant de l'extérieur de façon à faire jouer le rôle de corps au substrat du robot, se mettra en place petit à petit, par apprentissage et évolution. Nous utilisons, par ce processus de maturation, la métaphore de la biologie du développement qui dote finalement d'un corps un organisme qui se forme petit à petit, à partir de ses multiples divisions, multiplications et constructions cellulaires.

Système d'expression du substrat

Système informatique permettant, à partir des informations venant du substrat de l'entité, de doter celle-ci d'un comportement autonome, avec adaptabilité et pouvoir de communication. Il est basé sur un processus général permettant le couplage entre un ensemble de représentations et le substrat.

Ce système est évidemment le système fondamental qui doit permettre de rendre l'entité semblable ou non à un animal ressentant l'environnement et lui-même, par son corps. C'est l'analyse

de ce système que nous allons maintenant développer. Pour cela, nous définissons un sous-système du système d'expression qui va permettre de générer des scènes significatives pour l'entité située dans son environnement, c'est-à-dire un sous-système de représentation [C.f. Fig. 1]. Nous reprenons comme définition d'un système de représentation celle donnée et longuement développée dans [Cardon 1999].

Architecture du système d'expression

Le système d'expression d'une entité artificielle sera composé de deux parties fortement couplées : un système de calcul qui construit, par traits successifs, les éléments d'une scène, et un système de représentation, très plastique, qui représente l'organisation dynamique de ces calculs. Le système de représentation doit déployer des scènes relatives à la mise en situation de l'entité dans son environnement. Cette représentation s'exprime dans un espace organisationnel abstrait, c'est-à-dire un certain espace géométrique de formes.

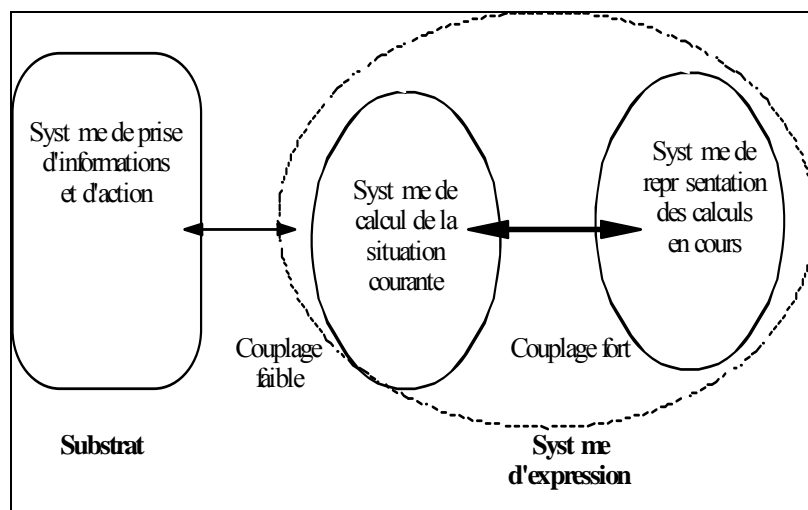


Figure 1. Schéma du système d'expression

Précisons ce qu'est une scène, c'est-à-dire ce que produit le système d'expression.

Scène

Une scène est une représentation relative à l'organisme en situation de perception de certaines choses dans son environnement. Elle est construite dans le système d'expression comme un ensemble dynamique de traits et de formes représentant ces traits, dans un espace organisationnel abstrait.

Une scène est donc exprimée par des formes caractérisant un ensemble en réorganisation continue, le mot forme étant strictement celui de la géométrie. Une forme sera vue ici comme un certain ensemble de polyèdres ou de complexes simpliciaux [Cardon 1999]. La notion de scène que nous utilisons correspond à celle d'*histoire* pour les agents autobiographiques de K. Dautenhahn [Dautenhahn 1997], pour qui le mot agent signifie par ailleurs *robot*.

Chosifier

Quelque chose de l'environnement ou du substrat est chosifié si cette chose est détachée de son arrière-plan pour être représentée (calculée et représentée concrètement) par une forme typique, liée à d'autres mais singulière, dans le système de représentation du système d'expression du robot.

Cette représentation d'une chose par une forme, et que nous appelons chosification, revient à faire correspondre à la chose externe une forme interne dans une scène, c'est-à-dire une forme située temporellement et spatialement pour le système de représentation du robot. Par exemple, un mot chosifie quelque chose du monde en la distinguant et en la situant dans une scène réelle et dans l'histoire qui a conduit à acquérir ce mot. Un signe chosifie une chose en l'indiquant relativement à une situation spatiale et temporelle.

Signification

Une chose est dotée de signification par le système d'expression d'un organisme artificiel s'il la chosifie et la perçoit comme adéquate pour certaines des actions qu'il développe à son égard dans des scènes.

La notion de signification est difficile et nous l'avons longuement développée dans [Cardon 1999]. On en trouvera de très pertinentes approches dans l'œuvre de M. Heidegger, utile pour la modélisation [Heidegger, *Introduction à la métaphysique*, 1967].

Comportement intentionnel

Un organisme artificiel est doté d'un comportement intentionnel si ses actions dotent effectivement de signification les objets qu'il perçoit dans son environnement par ses capteurs et effecteurs (de placement spatio-temporel cohérent dans des scènes).

Ensemble générateur

Organisation d'agents permettant, par transformations et multiplications, de construire, pour l'entité, un système d'appréhension de son substrat matériel situé en chosifiant des objets.

Le terme *situé* précise toujours : mis en situation de rapport dialogique avec l'environnement, dans le temps et l'espace [Ricoeur 1990]. Nous retiendrons, définitivement, qu'un agent est une entité logicielle légère, facilement programmable et activable dans un système multi-agent, sur une grappe d'ordinateurs. Nous nous opposons ainsi à l'utilisation très ambiguë du terme agent pour désigner un robot [Mataric 1995], [Dautenhahn 1998], [Werger - Mataric 1999].

Degré de complexité du système générateur d'une entité

C'est, pour une entité de type robot autonome, l'aptitude à chosifier, à générer de la chosification. Un tel degré se mesure quantitativement dans l'espace d'expression par les caractères géométriques et la structure des formes.

Le degré de complexité du système générateur d'un robot est donc l'aptitude plus ou moins profonde qu'il a de pouvoir transformer des choses du monde en représentations internes manipulables, par exemple en formes géométriques, en suites particulières de bits, en suites de symboles, en signes ... tout en plaçant systématiquement ces représentations dans des scènes.

Toute nouvelle chose acquise est liée aux choses déjà représentées et le système a ainsi un fonctionnement essentiellement incrémentiel. L'entité a, par sa propriété de chosification, la propriété de distinction. Son degré de complexité mesure en fait cette capacité de distinction.

L'entité a donc une certaine mémoire, disons plutôt à la suite de I. Rosenfield [Rosenfield 1993] une capacité de remémoration, lui permettant de chosifier par généralisation ou spécialisation à partir de ses formes acquises.

Seuil de complexité organisationnelle

Un système est considéré comme organisationnellement complexe s'il peut chosifier en plaçant toute nouvelle forme à la fois dans une représentation spatialisée et temporelle, c'est-à-dire en la situant dans une scène de son monde. Sinon, s'il n'a pas cette capacité de mise en situation dans l'espace et dans le temps, il peut être considéré que comme non organisationnellement complexe.

Il est évident que pour qu'un système soit *organisationnellement complexe* [Morin 1986], [Le Moigne 1990], il lui sera nécessaire d'avoir une architecture correspondant au moins à celle d'un système d'expression formé de trois sous-systèmes couplés. C'est-à-dire qu'un tel système se représente ce qu'il perçoit par les processus de couplage qui lient, dans le temps, prise d'information, calcul de la situation courante et signification de ces calculs. Si le système ne situe pas dans la temporalité les choses qu'il perçoit et qu'il représente cependant les choses par des formes internes, il ne pourra pas être considéré comme organisationnellement complexe. Il sera tout au plus réactif dans l'immédiateté. Il dévalera dans sa trajectoire sans sens, puisque sans mémoire organisationnelle.

Le système d'expression du substrat est évidemment un certain système informatique dont l'architecture et les propriétés permettront de mettre en situation, c'est-à-dire de situer l'entité dans son environnement. Ce système développe donc, nécessairement, une certaine représentation du substrat en situation dans son environnement. Précisons bien qu'il s'agit, pour le système, de disposer des moyens d'activation du substrat dans l'environnement considéré comme le domaine d'application de ses activités. Il ne s'agit évidemment pas d'un contrôle opéré à partir d'un plan prédéfini. Le système et son substrat peuvent alors être considérés comme formant un organisme autonome.

Organisme autonome

Système en deux parties comprenant un substrat et un système d'expression producteur de scènes. Il est construit à partir d'un ensemble générateur, il manipule intentionnellement les informations provenant de son substrat et gère son comportement grâce à un processus de couplage substrat - système d'expression.

La notion d'intentionnalité [Ricoeur 1990], [Cardon 1999] revient à permettre au système d'expression de disposer de son substrat dans son environnement selon des *tendances* propres [Cardon - Guessoum 2000].

Nous pouvons maintenant proposer une première définition de la notion de corps artificiel pour un robot. Il ne s'agira évidemment pas d'un objet corps, mais d'un corps perçu comme tel.

Corps artificiel

Ensemble source de l'interaction entre le substrat et le système d'expression de l'entité. Ce n'est pas un élément d'une scène représentant quelque chose d'externe ni une forme de l'espace de représentation, mais c'est très précisément, dans le système d'expression, la représentation de la source, de l'application substrat – système d'expression.

Nous définissons donc le corps d'un organisme comme la représentation de l'ensemble source (comme la source d'une application entre deux ensembles) par le processus de couplage entre substrat physique et système d'expression. Le corps est ce qui *représente* le substrat par le processus de couplage considéré comme une application. Remarquons que le corps est ainsi non saisissable et qu'il n'est pas aisément représentable par l'entité, dans son système d'expression, sauf comme un tout abstrait. Mais il est toujours présent et manipulable par le système d'expression qui permet de générer des scènes, et en considérant des parties de ce corps.

On peut alors définir, de manière duale, un esprit artificiel comme la représentation image du processus de couplage substrat - système d'expression. En fait, et très simplement, l'entité est basée sur ses deux processus de couplage : substrat - système d'expression et système de calcul - système de représentation (ce que l'on nommera par la suite le processus miroir). Et, à partir du processus de couplage substrat - système d'expression, on peut distinguer d'un côté le corps artificiel et de l'autre, l'esprit artificiel.

Esprit artificiel

Image de l'interaction entre le substrat et le système d'expression de l'entité. C'est la chosification du système d'expression même, ce système étant lui-même lieu d'un couplage particulier entre ses deux composants. L'esprit artificiel est bien le dual du corps artificiel.

Il n'y a pas, selon nous, de définition propre de corps artificiel sans celle d'esprit artificiel. L'esprit artificiel est la représentation, par l'entité, du système d'expression lui-même activé par le processus de couplage. C'est simplement l'image chosifiée de l'application de couplage entre substrat et système d'expression [C.f. Fig. 2].

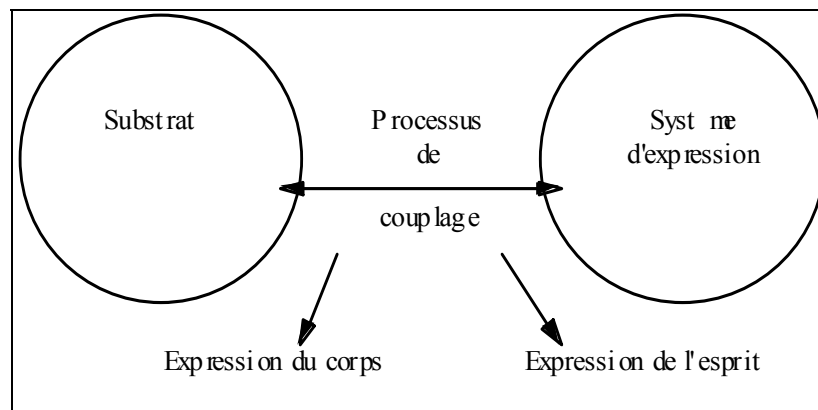


Figure 2. Corps et esprit artificiels comme objet et image du processus de couplage

3 – Les caractères constructibles d'un système qui génère du sens

Considérons donc un robot autonome capable de recevoir des informations de son environnement via ses capteurs, comme par exemple des saisies d'images par des caméras et des sons et qui est également capable de se mouvoir à loisir dans cet environnement. Le problème est de construire un système de génération de scènes fondées sur ce que le substrat est effectivement capable de percevoir dans l'environnement et lui permettant de prendre conscience de *sa* mise en situation dans cet environnement.

Ce problème se décompose en deux sous-problèmes :

1. prise de traits *caractéristiques* dans l'environnement,
2. dotation pour le robot de la capacité de prise de conscience de sa situation courante dans l'environnement, c'est-à-dire de soi-même se mettant en situation dans l'environnement en concevant cette mise en situation.

Cette décomposition correspond en fait à la composition du robot en deux sous-systèmes liés : le substrat et le système d'expression. Le premier sous-problème est technique et relève de la saisie

d'informations. Le système de saisie et de distinction de traits n'est pas simple pour autant à construire, mais il est étudié dans de nombreux laboratoires de robotique. Il ne fera pas l'objet de notre étude.

Le second problème est celui auquel nous allons précisément nous intéresser. Il va pour cela être nécessaire de préciser la notion de tendance fondamentale, le correspondant pour les systèmes artificiels de la notion bien connue de *pulsion* [Freud, édition anglaise de 1966].

3.1 - Le système d'expression et la génération de sens

Le problème de la génération de la signification d'une chose détectée par le substrat se fait dans le sous-système d'expression du robot. Le robot est placé dans son environnement, ses capteurs sont actifs et il doit décider de son comportement immédiat. Quelles peuvent être l'architecture et la capacité de réorganisation du système d'expression qui lui permettraient de se déstabiliser à partir de tensions initiales, internes ou externes, c'est-à-dire de changer son ordre dynamique de parties en relation, puis de se stabiliser dans un état temporaire que le système d'expression serait capable de *se* représenter, c'est-à-dire d'appréhender en tant que tel, pour en jouer comme d'une situation à partir de laquelle il prendrait sa décision d'action ? Un tel état pourrait être vu comme la production de sens à propos de l'objet que le système appréhende, mais comment générer un tel état ?

La solution à ce problème qui semble difficile revient à régler les questions suivantes :

1. quel est le degré de complexité combinatoire nécessaire à un tel système ?
2. quels sont les caractères d'une architecture qui se stabiliserait un moment sur un état exprimant de la signification à propos de quelque chose de significatif dans l'environnement ?
3. comment générer une raison à se déstabiliser qui ne soit pas une cause explicitement définie *a priori* ?
4. comment définir le processus de stabilisation du système, qui ne peut être qu'éphémère ?
5. comment définir la façon dont le système peut *se* représenter ce qu'il produit comme état stable un instant ?

La première hypothèse que nous posons concerne un caractère très général quant au système capable de générer du sens. En référence à la structure typiquement complexe du cerveau, nous faisons l'hypothèse que seuls des systèmes dont l'organisation est combinatoirement complexe ont la capacité de générer ce que l'on appelle du sens [Cardon 2003]. Nous considérerons donc un système qualifié d'organisationnellement complexe, c'est-à-dire constitué d'ensembles organisés à partir d'une grande cardinalité d'éléments et qui possèdent un "*ordre dynamique de parties et de processus en interactions mutuelles*" [Bertalanffy 1968], [Clergue 1997]. Un tel système est formé d'un très grand nombre d'éléments ayant chacun une certaine autonomie comportementale. Ce seront, pour nous dans la réalisation, des agents logiciels légers. Les interrelations entre les éléments produisent l'état courant du système et ces interrelations se modifieront par le fait même du fonctionnement du système. Son comportement général sera alors essentiellement caractérisé par la réorganisation de ses éléments de base, c'est-à-dire par la modification de leurs couplages et leur modification elle-même.

3.2 - Tendances fondamentales et scène

Nous considérons que le comportement d'un système autonome ne peut être ni aléatoire, ni fonctionnellement défini *a priori* pour la résolution de problèmes précis, mais qu'il est simplement

conduit, engagé par ce que nous appellerons des *tendances fondamentales*, et qui le feront se comporter de certaines façons typiques. Une tendance fondamentale est le correspondant de la notion de pulsion au sens de Freud [Freud éd. 1966].

Tendance fondamentale

Certaines entités artificielles peuvent être conçues pour qu'elles satisfassent à des besoins très généraux qui orientent leur comportement global de manière décisive. Ces besoins généraux, multiples et contradictoires, seront appelés tendances fondamentales de l'entité.

Les tendances fondamentales, pour les organismes naturels, sont de survivre et de tuer, de se nourrir, de se reproduire, de se reposer, de maintenir leur situation d'existence dans leur environnement ... Il n'y a peut-être que deux tendances fondamentales à partir desquelles toutes les autres dérivent : la tendance de vie et la tendance de mort, encore appelées tendance du moi et tendance sexuelle selon S. Freud [in Freud op. cité]. Ces tendances sont les *raisons* qui conduisent les comportements de ces organismes, d'abord en réorganisant leur propre structure plastique, et ensuite en faisant action dans leur environnement. Et par la nécessité à se comporter et à agir que leur imposent ces tendances fondamentales, ils sont amenés à résoudre des problèmes variés et à apprendre éventuellement à les bien résoudre. La résolution de problèmes est donc, pour ces systèmes, un moyen et non un but. Nous avons appelé ces systèmes dont le comportement est conduit par des tendances fondamentales, des *systèmes adaptatifs* [Cardon - Guessoum 2000].

On considère que les tendances fondamentales présentes dans le système sont nombreuses, et surtout contradictoires. Dans le cas où le système n'aurait qu'une tendance fondamentale, ou que toutes seraient fortement concordantes et constituant par exemple une hiérarchie avec un besoin dominant permanent, le système se ramènerait alors à un système de calcul avec un but explicite et avec utilisation de procédures de choix multicritères et mécanisme d'apprentissage pour atteindre le but.

Un système soumis à des tendances fondamentales se comporte *pour* les satisfaire, systématiquement. Il doit *s'adapter* continuellement, avec les degrés de liberté organisationnelle conférés à sa structure et les contraintes limitatives imposées par ses tendances. La notion intuitive d'*adaptativité* précise le caractère d'adaptation d'un individu à son environnement, l'adaptation étant le caractère qui rend quelque chose solidaire d'autre chose, de conforme ou d'acclimaté à l'environnement.

Quel que soit le système, il devra stabiliser son sous-système d'expression, au moins un instant, sur un état qui sera significatif de sa propriété à générer une scène faisant sens à propos de l'environnement courant. Un état stable et appréhendable par le système devra être une représentation signifiante de *sa* réorganisation. Il sera appelé *état d'émergence du sens*. Remarquons que cette notion d'état étend celle communément admise avec la notion de machine à états. Nous redonnons une définition plus précise de la scène, utilisant la notion de tendance fondamentale.

Scène

Une scène est un ensemble organisé de caractères relatifs à la fois à des traits de choses du monde perceptibles par le robot et à certaines de ses tendances fondamentales. La génération d'une scène conduit à sa modification et à sa transformation, c'est-à-dire à la production inéluctable d'une autre scène.

Une scène est donc une représentation cohérente *en transformation* continue. La notion de succession de scènes et d'état bien identifié exprimé par une scène, n'ont pas de sens ici. Une scène a

pour caractère d'être (partiellement) contrôlable par le robot, c'est-à-dire (partiellement) modifiable par le système d'expression lui-même.

En première approche, nous pouvons donc dire que le système devra générer des scènes pour "*faire sens*" sur ce qu'il perçoit du monde alentour :

Faire sens

Faire sens pour un système artificiel reviendra à lui faire d'abord engendrer une intention propre à générer certaines représentations appropriées à propos de choses dont il aura le souci, et ceci essentiellement dans des scènes, et à lui faire explicitement engendrer ces scènes avec intention, de telle façon qu'il sache qu'il a engendré de telles représentations voulues.

La notion de génération de sens est donc particulièrement délicate, car elle signifie que le sens généré par le système le soit *avec la perception de cette génération*. Sinon, il ne s'agit que de la production réalisée par un quelconque mécanisme dont certains observateurs privilégiés, c'est-à-dire humains, peuvent dire que cela a du sens ou bien n'en a pas, et dans ce second cas mettre éventuellement un terme définitif à l'existence de la chose sans sens, comme certaines de ses tendances le poussent à le faire.

3.3 - Les fonctionnalités générales du système générant du sens

Nous considérons donc un robot autonome doté d'une capacité de saisie d'informations à propos des choses de son environnement. Sa structure doit être telle qu'elle lui permette de réaliser des interprétations intentionnelles à propos de certaines choses situées dans cet environnement. Le robot doit donc contenir un certain sous-système, plus ou moins dépendant des autres, dans lequel se réalise d'une certaine façon l'interprétation des informations relatives aux objets perçus. Ce sera un sous-système que nous pourrions caractériser comme "général du sens".

Précisons d'abord les grandes fonctionnalités que doit posséder ce système de génération de sens dans le robot :

1. le système doit posséder un sous-système de prise d'informations brutes, externes et internes (SPI). Ce sous-système est constitué de multiples capteurs et de mémoires tampons. Il manipule des informations que l'on peut comprendre comme des signes, au sens de la sémiotique de Peirce [Peirce 1984]. Ces signes ne sont que des indications partielles pour les objets qu'ils peuvent désigner. Ils valent pour des caractères ponctuels de ces objets et ne permettent en aucun cas de réaliser de distinction, de singularisation entre ces objets,
2. il doit posséder un sous-système d'action sur et dans l'environnement (SA), qui permet d'actionner les organes moteurs et d'activation,
3. enfin, il doit posséder un sous-système d'expression (SE) tel que nous l'avons défini précédemment, complexe au niveau du nombre et des relations entre ses composants, permettant de produire une continuellement scène relative à la mise en situation du robot dans son environnement. Cet environnement est constitué de différents objets dont ceux que le système d'expression a chosifié.

Remarquons que la dénomination sous-système d'expression peut maintenant s'entendre comme sous-système d'expression du sens.

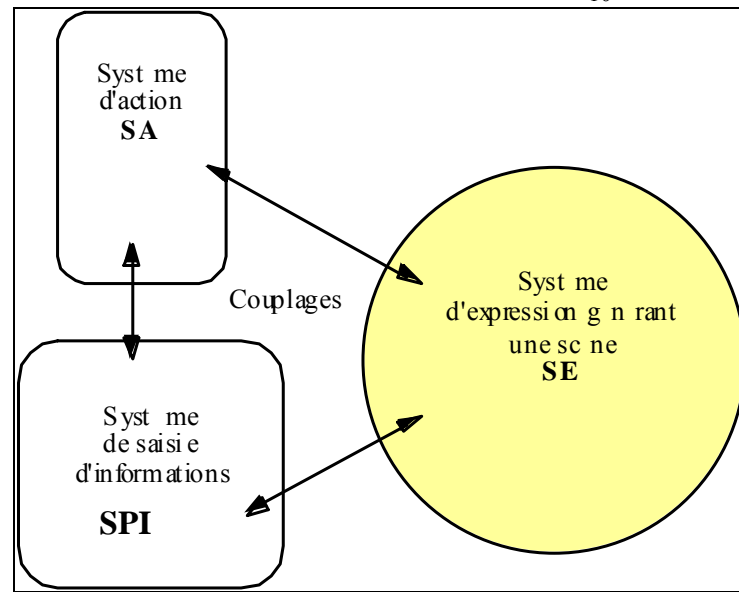


Figure 3. Les trois sous-systèmes du système générateur de sens d'un robot

Nous ferons l'hypothèse, systémique, que ces trois sous-systèmes sont fortement interactifs et dépendants : aucun n'est activé isolément ou comme conséquence stricte de l'activation d'un autre. Ils sont donc à la fois concurrents et coopératifs. De plus, nous poserons que ces trois sous-systèmes sont *toujours* en activité, définissant par cela le fonctionnement ou la *vie* continue du système. Le processus (ce terme étant entendu ici selon le sens commun de mécanisme) qui active et coordonne leurs activités est toujours actif. Ces sous-systèmes ne valent donc que par leurs activations conjointes et correspondantes : le principe central qui conduit le comportement du système générateur de sens dans son entier est la conduite du processus de couplage (qui peut lui-même se décomposer) qui donne existence et coordonne les trois sous-systèmes. On appellera ce processus, le **processus central** [C.f. Fig. 3]. Le fait que le système soit capable de coordonner ses trois sous-systèmes exprimera son opérationnalité.

Processus central

Les trois sous-systèmes, de saisie, d'activité et d'expression, sont toujours en interactivité par un processus de liaison continu appelé processus central, qui coordonne leurs activations et qui exprime l'opérationnalité de l'entité.

Le rôle des sous-systèmes de saisie et d'activité est d'interagir avec l'environnement et également sur l'entité elle-même. Selon les capacités de ces deux sous-systèmes, l'entité sera immergée dans un environnement qu'elle pourra percevoir comme très riche, ou bien comme relativement pauvre. Il est bien évident que ce que le système de génération de sens pourra exprimer sera très fortement conditionné par la qualité de production de ces deux sous-systèmes, et notamment par la non-spécialisation stricte mais plutôt avec la polyvalence de leurs composants de base.

3.4 - Un système qui franchit des états versus un système qui génère du sens

La génération de sens et la génération de scènes sont, dans notre approche de la signification artificielle, confondues. C'est une première hypothèse de constructibilité. Pour plus d'explication sur cette identification, sur la notion de signification par l'expression d'une forme, on pourra se référer très utilement aux écrits de M. Heidegger [in Heidegger, *Acheminement vers la parole*, 1976].

Nous allons maintenant nous intéresser essentiellement au système d'expression générateur de sens. Tout système, qu'il soit naturel ou artificiel et dont on sait qu'il procède, dans son fonctionnement, à de la génération de sens a, par ce fait, des caractères très particuliers. L'un de ces caractères, et qui est fondamental, est qu'il ne peut se réduire, en aucune façon, à une machine à états. Ce point est à bien méditer, car il pose problème en informatique. Une machine à états est un système qui, même s'il n'est pas déterministe, peut clairement avoir un fonctionnement déterministe. C'est une machine qui, à partir d'un certain état dit initial et en franchissant certains autres, se stabilise sur un état particulier dit final. Cette machine distingue donc radicalement les états de son automate, décrivant les pas de son fonctionnement, du mécanisme qui permet de les franchir. Et il est bien clair qu'une telle machine ne génère pas de sens puisqu'elle s'arrête simplement sur un état final qui n'exprime que lui-même et qui ne peut être "observé" par la machine de manière à exprimer quelque chose de perçu par la génération d'une scène temporelle.

Dans un système naturel, la propriété de générer du sens est très précisément ce qui détermine une certaine réorganisation de constituants plastiques, un certain état des relations entre ceux-ci, en exprimant à la fois la façon dont le système a atteint cette configuration *et* les caractères de cette dernière : c'est l'état cérébral courant. L'action de faire sens est à la fois une forme d'organisation atteinte après une certaine réorganisation et "l'observation" de cette forme organisée par le système lui-même, sa préhension en tant que forme représentant une réorganisation.

Faire sens

En ce point, faire sens pour un système signifie modifier une certaine organisation complexe, conçue pour être modifiée et se représenter, c'est-à-dire exprimer cette modification. L'organisation sera composée d'éléments qui sont chacun strictement calculable.

Toute la question est dans la représentation de cette réorganisation, qui est le problème principal à régler.

En fait, dans l'acte de faire sens, il n'y a pas détachement entre état atteint et processus qui permet d'atteindre cet état. La génération de sens produit donc une configuration qui, en quelque sorte, mêle l'état et le processus de production de l'état. Et le problème est bien là, dans la difficulté à trouver un modèle calculable qui permette à la fois de calculer un certain état organisationnel *et* le processus producteur de cet état organisationnel. Pour construire un tel système qui ne soit pas un automate sophistiqué trouvant par filtrage l'adéquation entre une chose externe et sa représentation interne exhibée, il sera nécessaire d'étendre la notion de machine à états, d'étendre la notion de système vers les systèmes opérant par pure émergence.

Un système qui génère du sens est conduit par un certain processus qui active continûment ses sous-systèmes. Il atteint, au bout d'un certain cycle de fonctionnement produisant une configuration stable par nécessité, une conformation de ses éléments représentant ce qui a été appréhendé, c'est-à-dire à la fois la chose dont le système a le souci au moment où il réalise son cycle de fonctionnement ainsi que le processus qui a conduit à cette représentation.

En se plaçant dans le champ de la sémiotique triadique [Peirce op. cité], [Cardon 1999], on peut dire que le processus qui génère le nouvel état interne du système est un acte de réorganisation structurelle. Nous nommons le fait déclencheur de la réorganisation *l'objet*, qui est un élément interne au système comme par exemple une certaine information visuelle ou auditive internée mise au format des mémoires tampons. Et nous nommons ce qui permet de produire l'état de la réorganisation le *signe*, qui vaut pour l'objet, comme par exemple une sensation de crainte vaut pour une forme sombre qui

passer rapidement devant soi et engendre un déséquilibre interrogatif. Ce que produit le signe est le sens généré et perçu par le système : c'est la scène. La scène sera générée par un ensemble de signes. On peut donc dire que l'objet est dévoilé par des signes successifs qui engendrent, en fin de compte, une scène, qui sera ressentie et perçue par le système, car représentée.

Cette scène sera considérée comme perçue par le système simplement lorsqu'elle sera homogène, c'est-à-dire lorsque suffisamment de signes cohérents la constitueront et que très peu de signes non cohérents y résideront. La perception d'une chose est perception de quelque chose qui a de la signification, qui est suffisamment cohérent par rapport au processus de construction, tout simplement.

Règle de signification

Une chose peut être perçue par une entité si le processus de représentation correspondant est cohérent et consistant, c'est-à-dire si ses constituants expriment à un moment une organisation avec une forte régularité de transformation.

Cette action de construction de la scène est représentée dans le *triangle sémiotique organisationnel* [C.f. Fig. 4], qui étend la sémiotique triadique de Peirce [Cardon 1999]. Nous considérons de plus qu'il n'y a aucun moyen direct d'obtenir la scène exprimée par des signes à partir de l'objet autrement qu'en réalisant une action complexe de réorganisation des éléments constitutifs du système d'expression. Cette impossibilité exprime qu'aucune association directe n'est possible entre objet et symbole le représentant (son signe le désignant), et qu'un processus d'interprétation est nécessaire pour les faire exister tous deux et les mettre en relation.

Notons [C.f. Fig. 4] que les deux cotés non horizontaux du triangle sémiotique sont orientés. Il est possible, et nous pensons qu'il est même fréquent, qu'un signe interne provoque l'apparition d'un objet dans l'environnement : la pensée conduit le fait perçu plutôt que le stimulus provoque la réaction d'apparition du concept. Ainsi, les cotés non horizontaux du triangle sémiotique organisationnel sont bidirectionnels.

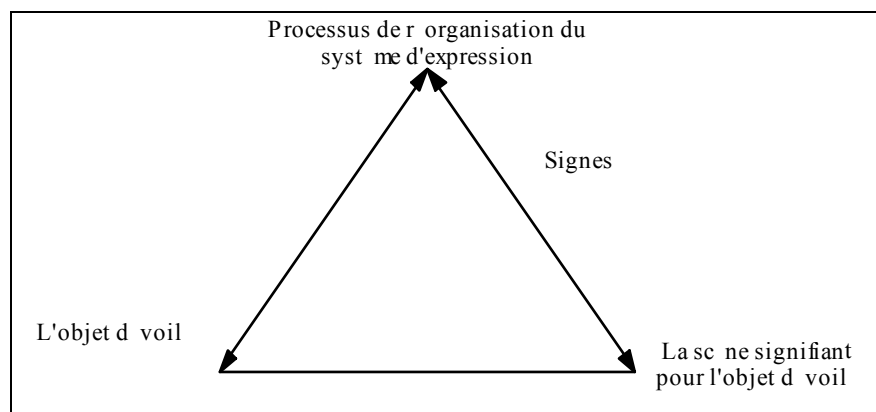


Figure 4. Le triangle sémiotique organisationnel

Mais la scène contient, parce qu'elle passe par la réorganisation structurelle des éléments du système d'expression en usant de signes, parce qu'elle active l'acte d'interprétation du système d'expression, la trace du processus qui l'a généré. Il est même clair que la lecture du triangle n'est que l'image finale du processus. Plus précisément, à partir d'un objet déclencheur, il s'agira de générer une succession de triangles sémiotiques développant des signes partiels, pris comme des objets de production de signes de plus en plus élaborés, dans un processus incrémentiel qui, finalement,

exhibera une scène précise valant alors pour un objet précis : la scène *signifiant* pour l'objet dévoilé, tel un point fixe.

Générer du sens revient donc à produire une signification à propos d'une certaine chose et également, et même simultanément, à produire une représentation de la façon dont la signification de la chose a été produite [Vernant 1996]. La scène dans la sémiotique organisationnelle est l'union organique de cette signification et de cette représentation. La notion de sens est plus qu'une signification qui occurrerait soudain et miraculeusement à propos de quelque chose sous la forme d'un symbole associé : c'est surtout l'appréhension conjointe de l'état du système d'expression et du processus qui a été effectué pour générer cette signification.

Si l'on souhaite alors, pour ce cas, parler *d'état de signification* à propos de ce qu'à généré le système, il faut étendre la notion d'état et de machine à états. On doit concevoir une nouvelle sorte de machine à états qui franchirait ceux-ci en exprimant sur chacun qu'il atteint, à la fois ce qui est spécifique à cet état et simultanément le processus qui a permis de l'atteindre. Ce procédé de déploiement, qui accumule à chaque étape l'état et le processus local qui permet d'atteindre cet état, étend la notion de complexité définie par Kolmogorov et Bennett [Delahaye 1999], dans un sens organisationnel et calculable. Le franchissement d'un tel l'automate est organisationnellement complexe en ce sens que chaque étape augmente d'un niveau la complexité en symbolisant le franchissement local et le chemin déjà parcouru, et que le nouveau franchissement réactualise. Un tel automate, que nous qualifions d'*organisationnellement complexe*, ne correspond donc pas au fonctionnement d'une simple machine de Turing qui détache, dans son fonctionnement, l'état courant de son programme d'action sur le ruban de sortie. C'est une autre sorte de machine qui génère des états et qui exprime aussi le programme qui a permis de les atteindre, en réactualisant à chaque étape les programmes et les états antérieurs. C'est une machine pour laquelle la notion d'état indépendant des autres précédemment produits n'existe pas.

Il est à noter qu'une telle machine à états correspond également au plan de génération de l'entité capable de produire du sens : c'est le plan de sa construction développée à partir de la donnée de son éventuel plan générateur [Cardon 1999]. Il faut cependant noter que cet automate original est composé d'un ensemble d'automates simples qui sont, eux, les correspondants stricts de machines de Turing classiques. Le calculable fondamental reste tel il est, mais à sa place qui est locale.

Mais alors, comment concevoir cette unification état - génération d'état, et comment concevoir l'architecture d'un tel système d'expression ? Nous allons présenter cette architecture dans les paragraphes suivants.

3.5- La calculabilité d'un système générant du sens

Toute machine de Turing, équivalente à une fonction récursive, possède, à une place distinguée de sa structure, son programme qui est composé d'un ensemble d'instructions simples. Ce programme, bien distinct des informations affichées sur le ruban et de l'état courant de la machine, permet d'obtenir le résultat, à partir d'un état initial déclencheur et par le fait de son arrêt, lorsqu'il a lieu. Dans ce cas, on détache ce qui produit le calcul de ce qui est calculé. Le fonctionnement du programme de la machine de Turing est équivalent à la traversée d'un automate à états.

Plus généralement, dans tout programme informatique correspondant à un algorithme de calcul d'une certaine fonction, on détachera ce qui est produit de ce qui a permis la production du résultat, on

détachera la valeur de la fonction de la fonction elle-même. Ce qui est produit dans un ordinateur à la suite de l'exécution d'un programme est l'état final de la mémoire à l'arrêt du processus, et ce qui a produit cet état est la suite provoquée et conduite des transformations des états de la mémoire. Or un système artificiel qui va générer du sens devra lui aussi tourner sur un ou des ordinateurs en grappe et devra se réduire, au moins d'une certaine façon, au fonctionnement d'une machine à états.

Il n'y a pas de contradiction en cela. Il suffira en effet de définir un système qui génère des états successifs qui représenteront à la fois ce qui est calculé et ce qui a permis de réaliser le calcul. Il s'agira de définir un système qui produira simultanément la production calculée d'un ensemble de programmes locaux et la représentation de cet ensemble de programmes vue comme une modification organisationnelle en cours. Il faudra faire en sorte que la liaison entre ce qui calcule effectivement et ce qui représente le caractère organisationnel des calculs soit un très fort couplage, tel un dipôle électrique liant conceptuellement ses deux pôles, c'est-à-dire de considérer une liaison toujours immédiatement opérante et bidirectionnelle dans les modifications conjointes d'une des parties portées organiquement et immédiatement dans l'autre. Le fonctionnement d'un tel système sera alors centré sur le processus de mise en correspondance entre ses deux parties.

Et finalement, le fonctionnement de ce système reviendra, puisque celui-ci calcule et est donc équivalent à une fonction, au fonctionnement d'un automate classique, mais un automate dont la structure ne sera pas donnée *au départ* mais précisée par le fait du fonctionnement du système. Il s'agira donc d'un système générateur de programmes de machines de Turing dont le résultat des calculs sera bien sûr un certain programme de machine de Turing, non déterminé à l'avance mais révélé dans le fonctionnement du système. Et à chaque étape du processus de fonctionnement, le système se modifiera substantiellement, dans sa structure et dans son organisation, pour que jamais le résultat de sa production ne soit prévisible dans les termes d'une machine programmée à l'avance. Il s'agit donc typiquement d'un système non stable et très fortement évolutif [Prigogine 1982].

3.6 - Architecture du système d'expression générateur de sens

Nous pouvons maintenant préciser la structure du système d'expression. Il sera composé de deux sous-systèmes organiquement liés par un processus de fort couplage très particulier :

1. un système de calcul, composé de programmes de machines de Turing, de fonctions ou plus simplement d'agents logiciels légers. Ces composants se modifient en fonctionnant et produisent chacun des résultats qui sont les entrées de certains autres. Ce système est donc un réseau reconformant de fonctions qui s'altèrent en fonctionnant, au sens d'Atlan [Atlan 1995]. Il construit les traits de la scène correspondant à la situation courante,
2. un système de représentation, qui exprime la façon dont les résultats des calculs, et les calculs eux-mêmes, sont obtenus dans le système de calcul. Il exprime la signification des calculs réalisés dans une approche strictement géométrique,
3. un processus miroir de mise en relation organique et synchrone entre le système de calcul et le système de représentation, entraînant les deux systèmes dans une action dialogique continue, l'action dite miroir, où une modification dans l'un des systèmes entraîne une modification dans l'autre, et ainsi de suite, jusqu'à une certaine stabilisation, éphémère, de l'activité des deux sous-systèmes [C.f. Fig. 5].

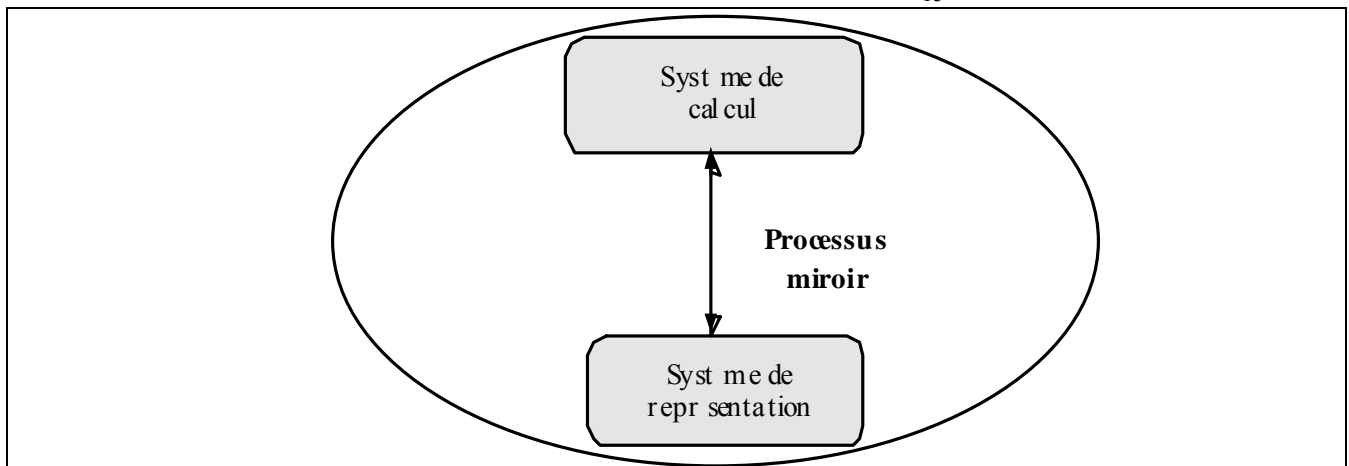


Figure 5. Le schéma du système d'expression formé de deux composantes liées par le processus miroir

Un tel système peut en fait être considéré comme semblable à un cerveau vu comme une organisation plastique d'aires neuronales fonctionnelles, mais un cerveau lié à un *esprit* qui représenterait les caractères et le sens de l'activation des zones neuronales, la mise en liaison étant réalisée par un processus qui simulerait l'entendement générateur des idées. Ce modèle propose donc une réification d'un esprit artificiel par l'analogie symbolique et distribué d'une structure cérébrale sujette à l'influx nerveux, avec un processus miroir valant pour le processus mental qui fait "émerger" le sens. Le système réalise, d'une certaine façon, l'unification fonction qui calcule - signification de la fonction calculée.

3.7 - Une hypothèse simplificatrice : l'entité de base de la signification et l'hypothèse morphologique

Nous sommes amenés à faire une hypothèse de réduction symbolique pour définir de façon constructible un tel homologue d'un cerveau : il est bien clair que la transposition informatique du réseau neuronal humain par exemple par un réseau neuro-mimétique de même complexité, est définitivement impossible.

Dans le système d'expression, les entités de base du système de calcul seront des agents logiciels. Ces agents, par leurs activations communicationnelles multiples, vont construire effectivement les caractères de la scène courante. Le choix d'utiliser des agents est raisonnable et il nous semble même difficile d'en faire un autre actuellement. Le problème se pose pour les entités du système de représentation qui expriment le sens des calculs opérés par les agents précédents. Nous posons, comme hypothèse simplificatrice que, pour le système d'expression, la considération d'entités élémentaires symboliques et déjà dotées d'une certaine tendance à la signification va permettre d'obtenir une description constructible. Nous disons bien "*entités dotées d'une tendance à la signification*". Il ne s'agit surtout pas d'entités symboliques valant pour des concepts et que des règles pourraient manipuler. Cette seconde interprétation, qui est couramment faite en Intelligence Artificielle classique, serait une réduction beaucoup trop forte qui placerait alors le problème au niveau de règles d'inférences opérant sur des entités lexicales, ce qui ne nous semble pas pouvoir conduire à l'émergence du sens. L'existence d'une telle entité de base ayant un caractère de signification minimal

était l'hypothèse centrale de L.S. Vygotski quant à l'émergence de la pensée dans le cerveau [Vygotski 1985].

Nous représentons l'ensemble de ces entités de base par un certain type de *formes*, c'est-à-dire d'éléments aux caractères essentiellement géométriques représentant la signification dynamique de l'activation des agents du système de calcul. L'entité de base est donc une entité à *action potentielle* pour la production de la forme idéale, qui sera, elle, une émergence globale et que nous représenterons encore par une forme, mais d'un autre genre.

C'est *l'hypothèse morphologique*, où l'on considère que la signification des activités réalisées dans le système de calcul peut se déterminer de façon essentiellement géométrique, par les formes géométriques produites et se déployant dans un certain espace dynamique dont les dimensions représentent les résultats des calculs, la vitesse de ces calculs, les interactions entre les fonctions, les interblocages des calculs concurrents, les modifications de ces fonctions, leur importance relative, leur coopération [Cardon - Lesage 1998], [Cardon 1999].

Nous avons ainsi choisi de représenter les caractères structurels et organisationnels d'un ensemble d'agents, le sens de sa réorganisation, par un espace de formes géométriques. Cette interprétation nous rapproche des espaces morphogénétiques de R. Thom [Thom 1972], avec leurs caractères de modification avec catastrophes, en utilisant les notions de prégnance, de saillance et d'attracteur.

3.8 - La notion d'engagement : mise en action du système d'expression

Il est maintenant nécessaire de préciser ce qui déclenche le processus miroir et ce qui fait que celui-ci s'arrête un instant dans une certaine configuration des systèmes de calcul et de représentation plutôt que dans une autre. La prise en compte de ces caractères nécessaires compliquera sensiblement le schéma du système d'expression formé de trois composantes : système de calcul, système de représentation et processus miroir, en lui adjoignant certaines extensions architecturales.

Un système qui génère du sens est composé de nombreux éléments en relation dynamique, c'est-à-dire que c'est, au niveau calculable effectif, une très vaste organisation d'agents. Les éléments de base de ce système de calcul sont donnés, appartenant à de multiples catégories et domaines cognitifs spécifiques, avec la capacité de s'altérer en fonctionnant. L'état du système est l'état de ses éléments et leurs capacités de mise en relation. Mais qu'est-ce qui fait fonctionner un tel système, pour qu'elle raison peut-il se mettre en action et se stabiliser un instant, et quel est cet état stable ?

Il ne s'agit évidemment pas de définir un mécanisme qui ne se mettrait en action que lors de la réception d'un stimulus venu du dehors et qui produirait une réponse conforme. Il ne s'agit pas non plus de définir un système qui se mettrait en action par hasard, en se basant sur un fonctionnement typiquement stochastique. On doit se souvenir de la réponse à la question : *pourquoi pense-t-on ?* posée par M. Heidegger dans un ouvrage qui a à peu près cette question comme titre. Qu'est-ce qui amène à penser à quelque chose plutôt qu'à autre chose ? Qu'est-ce qui, dans le système, amène le processus miroir à se lancer vers une certaine réorganisation de ses deux sous-systèmes, de calcul et de représentation ? Est-ce que cette raison est externe au processus miroir, au système de représentation ou encore au système de calcul ?

Ce qui va amener le système d'expression à engager son processus miroir sera d'abord la nécessité. Le système sera instable au point qu'il lui sera nécessaire de lancer, systématiquement, son

processus miroir pour atteindre un quelconque état de stabilité, très relative, en entendant par état la notion généralisée unifiant calcul et représentation du calcul. L'état de stabilité (de stabilité loin de l'équilibre), ne sera que transitoire et conduira immédiatement à la production d'un autre état, stable également un instant, et ainsi de suite. Dans ce cadre, le système sera continuellement actif, en produisant sans cesse des états de stabilités éphémères. La régularité de son fonctionnement ne sera assurée que par la forte rémanence de ses réorganisations passées. Il y aura de la permanence dans la production de ses états par la seule difficulté à produire des états originaux et singuliers.

Il ne sera alors pas très difficile d'adjoindre au système des états de veille périodiques, correspondant, par exemple, à une nécessité organique du type besoin de recharge d'énergie. Un tel état sera simplement un ralentissement de son fonctionnement impératif de recherche de nouveaux états de stabilité. Mais il reste à décider de ce qui conduit effectivement le système à engager une activation du processus miroir.

Nous ferons une hypothèse forte sur ce point, c'est-à-dire une réelle hypothèse philosophique, puisque le choix de fonctionnement d'un tel système doit être pensé comme conforme au fonctionnement de la conscience humaine. Nous choisissons de ne pas représenter la raison déclenchante du processus miroir par une structure *ad-hoc*, dont on ne saurait d'ailleurs pas par quoi, elle, elle serait activée. Nous choisissons de placer la raison déclenchante dans le système de représentation lui-même. En effet, ce qui amène à penser, dans la conscience, *est ce qui engage le plus fortement à penser* [in M. Heidegger *Qu'appelle-t-on penser*, 1959] Cette formulation signifie que ce qui va engager le système à lancer son processus miroir est le simple fait que cet engagement est déjà présent dans l'organisation des entités du système, dans la "présence du présent" du système, pour employer une formulation phénoménologique.

Très concrètement, cela signifie que le fait de pouvoir engager le processus miroir est organiquement situé dans le système de représentation du système d'expression, que le système de représentation décrit à la fois la représentation du système de calcul et l'engagement à opérer cette représentation. Le système de représentation *anticipe* la représentation des calculs, il a "un pas" temporel d'avance sur le processus de calcul, que le processus miroir va s'efforcer de combler. Le processus miroir n'est ainsi que la boucle qui va faire tendre un engagement suscité vers sa réalisation effective, par le fait de mettre en concordance le système de représentation, déstabilisé par ce faible engagement, avec le système de calcul. Ainsi, pour nous ramener au cas de la conscience humaine, nous choisissons de faire se générer du sens par l'esprit plutôt que par le cerveau, nous choisissons de faire se générer du sens à partir d'une tension idéale plutôt que par une activation fonctionnelle et mécanique dans la physique des neurones. On pense ce qu'on est amené, d'abord et essentiellement, à penser intentionnellement.

Le système de représentation contient donc, outre la représentation quasi isomorphe des calculs opérés dans le système de calcul, un *engagement* vu comme une forme prégnante à orienter l'organisation du système de représentation et donc à modifier la structure du système de calcul, par le fait de mise en liaison opérée par le processus miroir, et ceci dans une certaine direction donnée par la tendance de l'engagement. Ce qui est le plus prégnant dans le système de représentation, ce qui est le plus important parmi ses traces latentes, ce qui est le plus en tension dans l'organisation *toujours active* de ce système, *est ce qui amène le plus à l'engager à représenter ce qui va être effectivement calculé* par les agents du système de calcul, dans le lancement du fonctionnement dialogique et synchrone du processus miroir. Et pour être cohérent, le système sera complexe, contenant toujours *des* engagements multiples, pour servir d'initiateurs au processus miroir. Ces engagements seront les représentants des tendances fondamentales de l'entité.

L'architecture du système de représentation est alors la suivante :

1. un sous-système de description, qui exprime géométriquement l'état courant effectif du système de calcul,
2. un sous-système d'engagement, qui génère une forme anticipant la représentation éventuelle du système de calcul.

Ces deux sous-systèmes s'opposent et se modifient jusqu'à constituer une seule représentation cohérente et conforme à l'état du système de calcul.

Le sous-système d'engagement, comme son nom l'indique, engage le processus miroir dans une direction, selon une visée dirait P. Ricoeur [Ricoeur 1990], et ce processus, dans son va et vient organisationnel entre les systèmes de calcul et de représentation, renforce l'engagement, l'altère et, peut-être, le transforme. Un tel principe de fonctionnement traite assez précisément de la notion de temporalité, c'est-à-dire de présence du présent et de déval à partir d'un signe déclencheur. Le signe n'est qu'une tension réorganisationnelle et surtout pas un fait, ni une information.

Maintenant que l'on a posé que le système se déstabilise, inéluctablement, pour se stabiliser selon les tendances de tensions latentes qui altèrent le système de représentation, qu'est-ce qui fait se stabiliser le système qui a engagé son processus miroir ? La réponse est simple. Lorsqu'il y a conformité entre l'espace de représentation déstabilisé par son engagement et l'espace de calcul, lorsque ces deux systèmes sont consistants, lorsque le processus miroir aboutit à un point fixe de son fonctionnement, le processus miroir se stabilise un instant, avant qu'un signe déclencheur ne le fasse repartir. Il est dans un état de stabilité relative, entre calcul et représentation se valant, entre fonction et représentation unifiées. Mais le fait que le système génère un état stable, qu'il détermine une émergence dans son système de représentation, l'engage inéluctablement à se déstabiliser par le fait de son processus miroir en activité, puisque aucun état d'équilibre n'y existe vraiment et que ses tendances fondamentales sont multiples et actives. Le fait de générer une certaine organisation stabilisée est nécessairement déclenchante d'une réorganisation successive. A nouveau, la représentation d'engagement entraîne le système de représentation dans sa réorganisation, et le système continue ses transformations organisationnelles successives. Il est vrai qu'il est difficile de décider de s'arrêter de penser, tout en restant en vie !

3.9 - L'émergence organisationnelle

Le fonctionnement du système, à ce niveau de présentation, s'apparente alors à la mise en concurrence de certains processus représentant des actions spécifiques. L'algorithme suivant [C.f. Fig. 6], qui est une simplification de l'algorithme général de fonctionnement en boucle miroir développé dans [Cardon 1999]. Il décrit le fonctionnement du système avec des processus concurrents qualifiés de gardés.

Faire toujours

[*Si une tension latente existe dans le système de représentation d'engagement*]

déstabiliser le système de représentation à partir de cet engagement,
diffuser une modification structurelle dans tout le système de représentation

[*Si le système de représentation est actif*]

activer le système de calcul par le processus miroir liant organiquement les deux systèmes de calcul et de représentation

[*Si le système de calcul est actif*]

activer le système de représentation par le processus miroir

[*Si le processus miroir est en action*]

activer les systèmes de calcul et de représentation de façon conjointe
renforcer l'engagement résidant dans le système de représentation

[*Si le processus miroir n'altère plus le système de représentation*]

déstabiliser le système de représentation en laissant se développer un nouvel engagement à partir de l'état courant

Fait

Figure 6. Algorithme de génération de sens dans le système d'expression

La production du système d'expression régie par ces processus concurrents est un état global de l'organisation des entités de base où le système de représentation et le système de calcul sont en conformité d'activité, avec un engagement qui s'est exprimé et qui a permis de les mettre en conformité. Un tel état, stable un instant, sera appelé une **émergence organisationnelle**. C'est très précisément un point fixe temporaire du processus miroir et c'est l'émergence du sens dans le système d'expression, sens étant compris et interprété de manière strictement organisationnelle.

Emergence du sens

Dans le système d'expression fondé sur un processus miroir couplant un système de calcul avec un système de représentation, l'émergence du sens est le point fixe organisationnel temporaire de ce processus engagé par une conformation particulière du système de représentation, où ce dernier exprime géométriquement les caractères spécifiques du système de calcul.

Il est bien évident que la structure et les caractères des systèmes de calcul et de représentation sont plus complexes que ceux que nous avons présentés ici. Notamment, l'existence de latences qui vont générer des engagements dans le système de représentation n'est pas si simple et nous a amené à introduire la notion d'*attracteurs*, vus comme des champs globaux qui font émerger des saillances dans les différents systèmes [Thom op. cité], [Cardon 1999]. De plus, le système d'expression n'est pas concrètement représenté de façon dichotomique et les deux systèmes, de calcul et de représentation,

sont intimement mêlés dans une même organisation très vaste, qui sera composée d'agents de différents types. Seul le modèle les distingue, pour les comprendre et les étudier. Le système de calcul exprime en fait une certaine organisation, organisation représentée par sa morphologie dans le système de représentation, et celui-ci se réfléchissant à son tour sur le système de calcul, ou bien sur lui-même, comme structure représentant *ses propres* caractères. Il s'agit donc bien, pour le système d'expression, d'un système strictement auto-adaptatif, sinon auto-observateur de son fonctionnement, comme le précisait J. Pitrat à propos de la conscience [Pitrat 1993].

Un tel système permet de représenter la notion de *conscience de soi* artificielle. Son fonctionnement, très adaptatif, très sensible aux conditions initiales sans cesse changeantes, s'activant par engagement causé par la structure même de son système de représentation lui permet de s'auto-observer, de se "voir" en action de calcul et de représentation, de générer des émergences à partir de la morphologie de l'espace de représentation perçue alors comme un objet, et ainsi de se savoir auteur de ses réorganisations en les suscitant à volonté. Les mécanismes permettant cette auto-observation, si on les rend dense dans toute émergence, confèrent alors au système un *sens de soi* qui lui permet de se distinguer strictement des choses de l'environnement qu'il conçoit, c'est-à-dire d'avoir une certaine ipséité [Ricoeur op. cité]. La notion de corps perçu, alors, se précise.

On peut en effet étudier la notion de sensation artificielle qu'un tel système pourrait avoir, la notion de désir ou de douleur, la notion de corps ressenti comme tel. Une sensation est représentée par l'auto-observation des morphologies du système de représentation en rupture avec des engagements de tendance plutôt stabilisante. Les notions de sentiment, de sensation, de ressenti, sont toujours représentées par des écarts entre la morphologie courante la plus prégnante, qui crée une tension forte, et des morphologies secondaires stabilisantes venant des engagements.

Nous proposons ainsi la notion suivante pour le corps perçu:

Corps

Le système d'expression, couplé au substrat matériel de l'entité, génère une morphologie globale qui correspond à l'ensemble des actions permises par le substrat et calculées par le système de calcul. Cette morphologie globale, abstraite, exprime l'existence du substrat comme générateur de formes spécifiques. Le système peut jouer de ces formes, à chaque fois qu'il engage son processus miroir sur une émotion artificielle. Cette morphologie, abstraite et concrètement réifiée seulement par ses différentes parties, est le corps perçu de l'entité, perçu pour elle-même.

Avant que de penser et même de ressentir des sensations, il faut bien un corps, et il faut nécessairement avoir la conscience de son propre corps !

4 - Un système psychique artificiel

La question de l'architecture qui contrôle les agents logiciels formant le substrat du système est évidemment le point central. Il y a contrôle, mais ni impératif, ni directif, ni aléatoire. On dispose de modèles explicatifs du principe de fonctionnement de l'appareil psychique, après les travaux de l'inventeur de la psychanalyse, Sigmund Freud, et de ses successeurs. Ces modèles proposent des architectures générales pour un système de production de pensées avec ses contraintes et ses multiples défaillances possibles, c'est-à-dire ses pathologies. Mais il n'y a pas vraiment eu de rencontre entre ces modèles conceptuels et l'informatique, où l'on spécifie habituellement à l'avance tous les cas de

fonctionnement des systèmes que l'on construit pour les faire agir au mieux. La transposition n'a pas vraiment été envisagée, sans doute parce que les concepts informatiques n'étaient pas assez développés et les modèles de systèmes psychiques paraissaient trop abstraits ou trop vagues. Aujourd'hui, la transposition peut se faire, par synthèse constructiviste, en réinterprétant certaines topiques freudiennes et en les plaçant dans un autre cadre, celui du calculable..

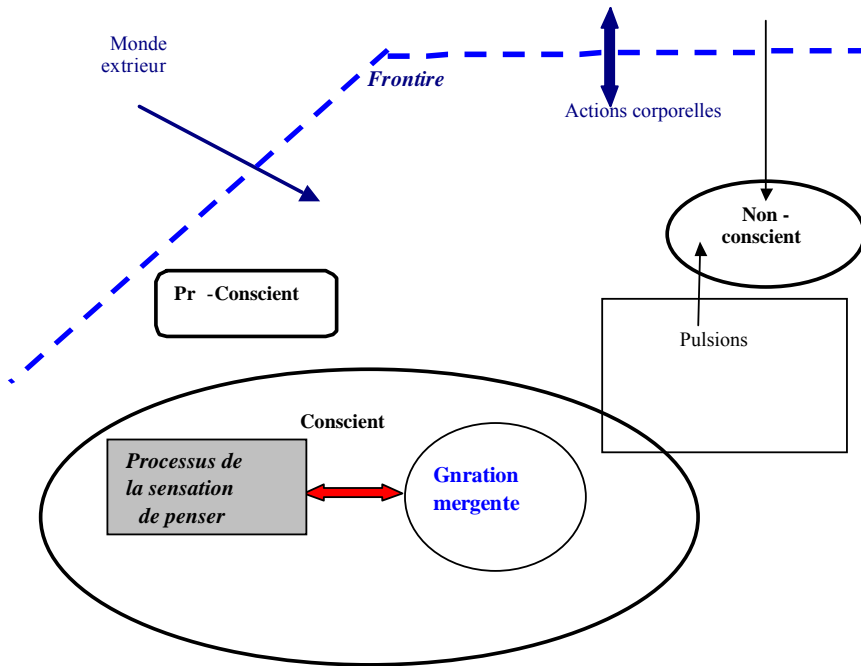


Figure 7 : Les composants principaux du système psychique humain : du non conscient au conscient éprouvé en passant par le pré-conscient

Notre thèse centrale sera qu'un système psychique peut être développé sur un autre support que le réseau neuronal d'un cerveau, et notamment sur le support fourni par des processus informatiques en cours d'exécution, lorsqu'ils sont multiples et constituent de vastes organisations dynamiques, lorsqu'ils sont rendus co-actifs et s'auto-contrôlent, avec ajustement continu de ce contrôle en utilisant la notion de morphologie.

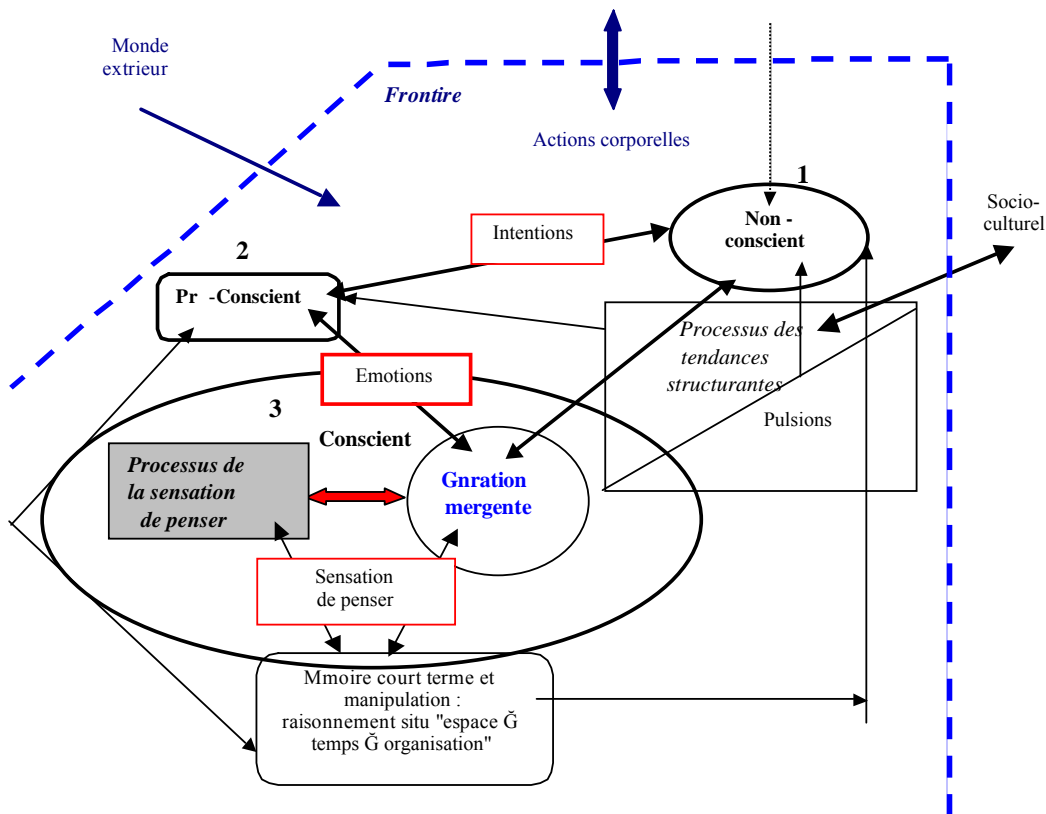


Figure 8 : Les fonctions et les relations dans le système psychique humain : la mise en liaison des composants montrant la complexité.

Précisons ce que peut être une **représentation interne** pour un système générateur de pensées artificielles :

Une représentation interne est un objet interne, totalement reconstruit à chaque fois, apparaissant sous la forme d'activités simultanées de processus manipulant des symboles et produisant des conformations analysables à plusieurs échelles. Cette association de calculs en exécution, concurrents et parallèles, se représente sous forme de déploiements géométriques, de manière fractale.

L'objectif du système est de produire de telles représentations, en s'engageant de lui-même à les produire, en en contrôlant la production et en la mémorisant de façon appropriée.

Un système qui génère des pensées artificielles devra donc avoir des pulsions vues comme des tendances fondamentales, un inconscient vu comme un ensemble de processus latents ancrant les souvenirs d'événements vécus ou artificiels, un préconscient permettant de localiser et d'agrèger les processus émergents, et un conscient, un processus très spécifique permettant au système d'éprouver ses propres productions : générer effectivement la sensation de penser à quelque chose et le sentiment de soi en action de génération de pensées.

Le système devra, d'une certaine façon, être conscient de ce qu'il engendre comme formes dynamiques organisées au sens où il les observera par nécessité, où il les manipulera, s'en servira pour planifier des activités physiques évaluées et appréciées en agissant dans l'environnement par les organes de son corps. Puis, en en tenant compte, il en générera d'autres et les mémorisera sous une forme réduite, non factuelle, pour en conserver une certaine trace. La question très importante de la

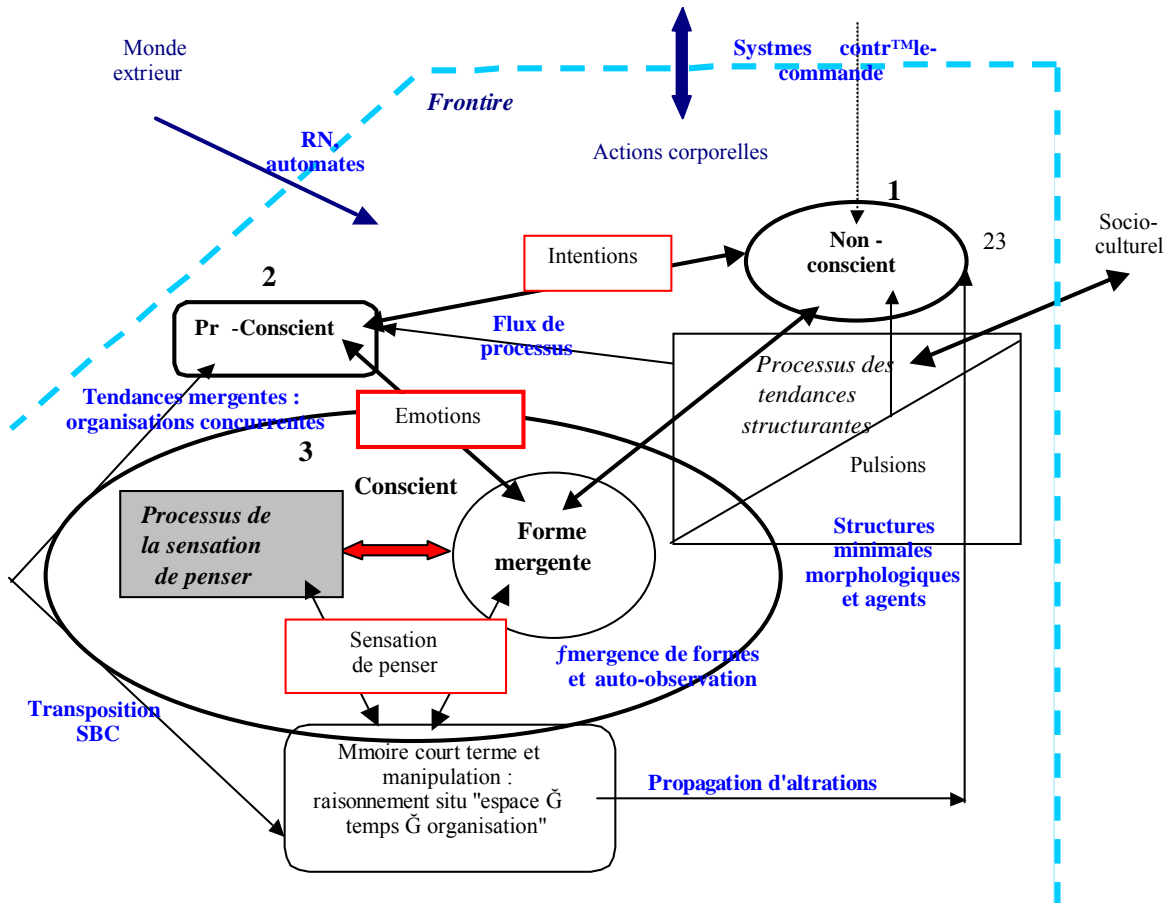


Figure 9 : La transposition informatique du système psychique avec les principaux composants et processus logiciels : les composants et leurs relations sont remplacés par des entités informatiques de type processus avec contrôle et modification des flux de processus.

mémorisation revient à ancrer non seulement des concepts mais des appréciations de faits et d'événements représentées par des objets internes ayant une morphologie, et évidemment pas par d'innombrables symboles factuels.

Le système devra donc avoir un "vécu artificiel", tel que l'entendait Paul Ricoeur, radicalement différent d'un ensemble d'informations factuelles structurées comme le sont les bases de données, et lui permettant de rappeler des événements artificiels valant pour une vie passée réelle ou artificielle, pour les expériences nécessaires à ses aptitudes courantes. Il augmentera cette mémoire par des événements qu'il vivra d'une certaine façon en les gérant et en les ressentant. La création de ce vécu artificiel conditionnera finement son profil psychologique. Cette construction n'est pas un problème simple, c'est même le grand travail pluridisciplinaire de construction de l'esprit artificiel aujourd'hui.

4 - Conclusion

Le système de génération de sens que nous avons décrit est actuellement en construction. L'émergence du sens dans un robot mobile est présentée comme une certaine stabilisation éphémère dans un système organisationnellement complexe. Cette émergence est l'état global d'un ensemble d'organisations d'agents logiciels. Certains agents représentent des éléments minimaux de signification : le sens émerge comme une recombinaison d'entités qui l'expriment de manière impérative. Le fait que l'activité d'un robot soit dotée, pour lui, de signification se fonde sur un processus de couplage fort entre calculs et représentation effective des calculs.

L'importance d'un tel processus de couplage, liant en fait les parties au tout qui les représente, liant des groupes d'agents à leur signification représentée par d'autres agents, est grande. C'est le principe fondamental du fonctionnement et de la construction des systèmes que nous avons appelés auto-adaptatifs. Cela généralise la notion de feed-back et de boucle systémique et ouvre sur la notion de système autonome produisant des états quasi-stables essentiellement par émergence.

Un système qui génère du sens en utilisant un corps intentionnellement utilisable, en procédant ainsi à une émergence organisationnelle, a, selon nous, une structure complexe, à la fois conceptuellement et au niveau de l'implémentation, ce qui satisfait assez bien aux remarques de J. Searle sur la notion d'arrière-plan infini [Searle 1992]. Mais cette organisation peut aussi produire une représentation d'elle-même, de sa propre morphologie en ouvrant ainsi sur la notion de "*son corps à soi*". Elle peut utiliser cette morphologie comme engagement à agir puisqu'elle est à la fois géométrique et cognitive, qu'elle est le signe de la sémiotique organisationnelle, résumant le processus de réorganisation et son résultat. Et le résultat de cette auto-observation constructive peut être délivré par le système à tout observateur extérieur. En ce sens, un tel système peut *s'exprimer*, plutôt que d'afficher simplement des valeurs calculées par des fonctions.

La différence, alors, entre un tel système qui s'exprime selon ses intentions et un autre qui procéderait à des affichages d'informations parfaitement bien adaptées pour son utilisateur, est de taille et fait penser à une rupture dans le champ très vaste du calculable d'aujourd'hui.

Il reste évidemment de nombreux points à explorer. À la question technique que posent invariablement les informaticiens très orthodoxes " est-ce que ça tourne pour que l'on juge *de visu* ?", nous répondrons, en praticien du génie logiciel, qu'avant que de coder un système très complexe, il faut faire un bon cahier des charges, une bonne analyse et une bonne conception produisant des spécifications validées. Et après, en effet, on peut le coder et voir. Le chemin de la conscience artificielle sera ainsi assez long ...

5 - Bibliographie

[Atlan 1995] Atlan H., "Projet et signification dans les réseaux d'automates : le rôle de la sophistication", in "L'intentionnalité en question", Vrin, Paris, 1995.

[Bertalanffy 1973] von Bertalanffy L., Théorie générale des systèmes, Bordas, Paris, 1973.

[Brooks 1991] Brooks R., Intelligence without reason, In proc. of the 1991 International Joint Conference on Artificial Intelligence, p. 569 - 591, 1991.

[Cardon - Lesage 1998] Cardon A., Lesage F., Toward Adaptive Information Systems : considering concern and intentionality, KAW'98, Communication publiée dans les actes, Banff, Canada, 17-23 Avril 1998.

[Cardon 1999] Cardon A., Conscience artificielle et systèmes adaptatifs, ed. Eyrolles, Paris, 1999.

[Cardon 2004]., Cardon A., Modéliser et concevoir une machine pensante, éd. Vuibert, Paris, 2003.

[Cardon - Guessoum 2000] Cardon A., Guessoum Z., Les systèmes adaptatifs, Rapport LIP6, Avril 2000.

[Clark 1996] Clark A., in Penser l'esprit, des sciences de la cognition à une philosophie cognitive, p. 105 - 111, Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 1996.

[Clergue 1997] Clergue G., L'apprentissage de la complexité, Hermès, Paris, 1997.

- [Dautenhahn 1997] Dautenhahn K., Biologically inspired robotic experiments on interaction and dynamic agent-environment coupling, in Proc. Workshop SOAVE'97, Ilmenau, p. 14 - 24, september 1997.
- [Delahaye 1999] Delahaye J.P., Information, complexité et hasard, Hermès, Paris, 1999.
- [Dretske 1988] Dretske F., Explaining Behavior, MIT Press, 1988.
- [Freud 1966] Freud S., The Complete Psychological Works of S. Freud, J. Strachey, The Hogarth Press, London, 1966.
- [Heidegger 1959] Heidegger M., Qu'appelle-t-on penser, Presse Universitaire de France, 1959.
- [Heidegger 1967] Heidegger M., Introduction à la métaphysique, Gallimard, Paris, 1967.
- [Heidegger 1976] Heidegger M., Etre et temps, Edition NRF Gallimard, 1976.
- [Heidegger 1976] Heidegger M., Acheminement vers la parole, Edition Tel Gallimard, 1976.
- [Kant 1997] Kant E., Critique de la raison pure, Presses Universitaires de France, 1997.
- [Le Moigne 1990] Le Moigne J.-L., La Modélisation des Systèmes Complexes, Dunod, Paris 1990.
- [Mataric 1995] Mataric M., Issues and approaches in design of collective autonomous agents, Robotics and Autonomous Systems, 16: 321 - 331, 1995.
- [Morin 1986] Morin E., La méthode, Tome 3 : La connaissance de la connaissance, Seuil, Paris, 1986.
- [Peirce 1984] Peirce C.S., Textes anticartésiens, Philosophie de l'esprit, Aubier, Paris, 1984.
- [Pitrat 1993] Pitrat J., L'Intelligence Artificielle : au-delà de l'intelligence humaine, in "Le cerveau : la machine-pensée", DRT, D. de Béchillon, L'harmattan, Paris, 1993.
- [Prigogine 1982] Prigogine I., Physique, temps et devenir, Masson, Paris, 1982.
- [Ricoeur 1990] Ricoeur P., Soi-même comme un autre, Seuil, 1990.
- [Rosenfield 1993] Rosenfield I., The Strange, Familiar and Forgotten : an Anatomy of Consciousness, Vintage Books, 1993.
- [Searle 1992] Searle J.R., La redécouverte de l'esprit, NRF Essais, Gallimard, 1992.
- [Thom 1972] Thom R., Stabilité structurelle et morphogénèse, W. A. Benjamin, INC, Reading, Massachusetts, USA, 1972.
- [Varela 1989] Varela F., Autonomie et connaissance, Essai sur le vivant, Seuil, 1989.
- [Vernant 1996] Vernant D., in Penser l'esprit, des sciences de la cognition à une philosophie cognitive, p. 85 - 101, Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 1996.
- [Vygotski 1985] Vygotski L. S., Pensée et langage, Editions Sociales, 1985.