

AFSCET

Res-Systemica

Revue Française de Systémique
Fondée par Evelyne Andreewsky

Volume 12, novembre 2014
Modélisation des Systèmes Complexes

Res-Systemica, volume 12, article 09

Modélisation d'un système
générant intentionnellement des faits de conscience

Alain Cardon

article reçu le 16 novembre 2014
exposé du 06 juin 2011



Creative Commons

Modélisation d'un système générant intentionnellement des faits de conscience

Alain Cardon

LITIS – INSA de Rouen

www.alaincardon.net

Abstract: Nous définissons l'architecture complexe d'un système artificiel qui génère des faits de conscience, des formes de pensées selon des intentions, à propos des choses que la mémoire et les sens de la corporéité du système peuvent appréhender. Nous utilisons une mémoire organisationnelle permettant de reconstruire et manipuler des événements et des concepts dans de multiples domaines, dont le domaine langagier. Ceci est une extension forte du niveau connaissance. Le système utilise une architecture multiagent massive pour produire les émergences valant pour les pensées, en organisant dynamiquement les ensembles d'agents avec des caractères de treillis. Un tel système peut être totalement distribué sur une corporéité artificielle formée de multiples composants, ce qui constitue bien un méta-système.

Keywords: complexité, systèmes autonomes, conscience artificielle, émergence, intentionnalité, mémoire organisationnelle, systèmes multiagents massifs.

1 – Introduction

Il y a le cerveau et il y a l'esprit. Connaître l'architecture et l'activation précises du cerveau aux niveaux cellulaires et moléculaires est une chose nécessaire, mais insuffisante pour comprendre l'esprit, car comprendre ce qu'est le fait de penser, ce que sont physiquement les pensées et pourquoi elles se génèrent dépend d'une modélisation d'un tout autre ordre. La formation de toute pensée se fonde, à la base, sur l'activation et la communication des neurones du réseau neuronal, qui forment des agrégats dynamiques dépendants, mais comprendre comment se forme une pensée, ce qu'elle est, ce qu'est sa conformation et comment elle débouche sur la sensation d'être produite est le problème de modélisation d'un système complexe dont l'architecture originale a deux niveaux : un niveau de substrat d'entités très dynamiques et coactives, et un niveau morphologique permettant la conformation locale et générale de la forme de la pensée courante. Il faut, pour comprendre ce processus, définir précisément de quelle façon il se forme, se déploie, se réalise et est éprouvé.

Notre objectif est de transposer, pour bien le comprendre, le fait de générer des pensées avec les modèles du calculable, où la création et la manipulation de l'information jouent un rôle majeur, de modéliser et produire un système complexe qui génère intentionnellement des conformations internes complexes, caractérisées dynamiquement et géométriquement, et constituées de processus symboliques très communicants ayant chacun un état et une intensité, ces conformations valant pour des formes de pensées éprouvées. Nous proposons donc un modèle de système psychique artificiel, un système de génération de pensées artificielles lié à des corps artificiels, et permettant de générer en temps réel des objets internes complexes valant pour les pensées ressenties, que cet ensemble corps – système de génération pourra construire, évaluer et apprécier à chaque instant. Nous allons donc préciser

l'architecture d'un système qui permet de générer des pensées artificielles, quels sont les caractères nécessaires de la transposition du psychisme humain dans le calculable. Et nous montrerons ainsi que cette transposition est possible, sachant qu'elle est même aujourd'hui en cours de réalisation.

2 – Un système autonome générant intentionnellement des représentations

Les recherches sur la conscience artificielle sont majeures, mais il y a des approches très différentes lorsqu'on se réfère à des philosophies opposées [Chalmers]. Donnons donc d'abord une première définition constructiviste de la notion de pensée pour bien préciser où nous situons notre problématique :

- Une pensée est une représentation morphologique construite, se déroulant dans la temporalité sous la forme d'ensembles organisés de processus informationnels en interactions multiples et fortes. C'est une représentation qui est toujours multi-caractères, ce qui caractérise tout l'organisme, et elle est appréciée et ressentie d'une certaine manière par le système qui la produit. Elle réfère à des choses du réel selon la permanence de ses éléments constitutifs, leurs caractères, leurs aspects, leurs modes, leurs valeurs. Elle peut se préciser par des qualifications et des quantifications mesurables du comportement des éléments qui la composent et la structurent.

Nous considérons que le fait de générer des pensées est la production d'un système, un système vraiment très complexe et qui est connaissable [Le Moigne]. Nous ne suivrons pas la voie philosophique utilisant la notion de qualia, où l'on considère des éléments non connaissables dans la sensation de penser. En posant que ce que génère un tel système sont des représentations générées le plus souvent intentionnellement, qui sont sensibles et appréciées, nous nous plaçons dans le domaine de ce qui est connaissable et nous précisons même que nous nous plaçons dans le domaine de ce qui est constructible de manière calculable.

Un système générateur de pensées sera alors vu comme la coactivité de quatre sous-systèmes très fortement liés [Cf. Fig. 1] :

1. Il y a un substrat constitué par les éléments de base du système, qui seront des éléments dynamiques coactifs, c'est-à-dire actifs pour leur propre compte.
2. Il y a une organisation des éléments du substrat permettant de dégager une conformation qui sera l'émergence produite, c'est-à-dire la pensée artificielle générée. Il y aura donc des éléments de contrôle internes permettant cette émergence en influençant de manière multi-échelle les éléments coactifs du substrat.
3. Il y a l'effet de cette émergence dans le système qui la ressentira, et sur l'extérieur du système via une membrane dynamique.
4. Il y a la mémorisation, à de multiples niveaux, de l'émergence produite, vue comme une modification plus ou moins importante de certains éléments du substrat et des éléments de contrôle.

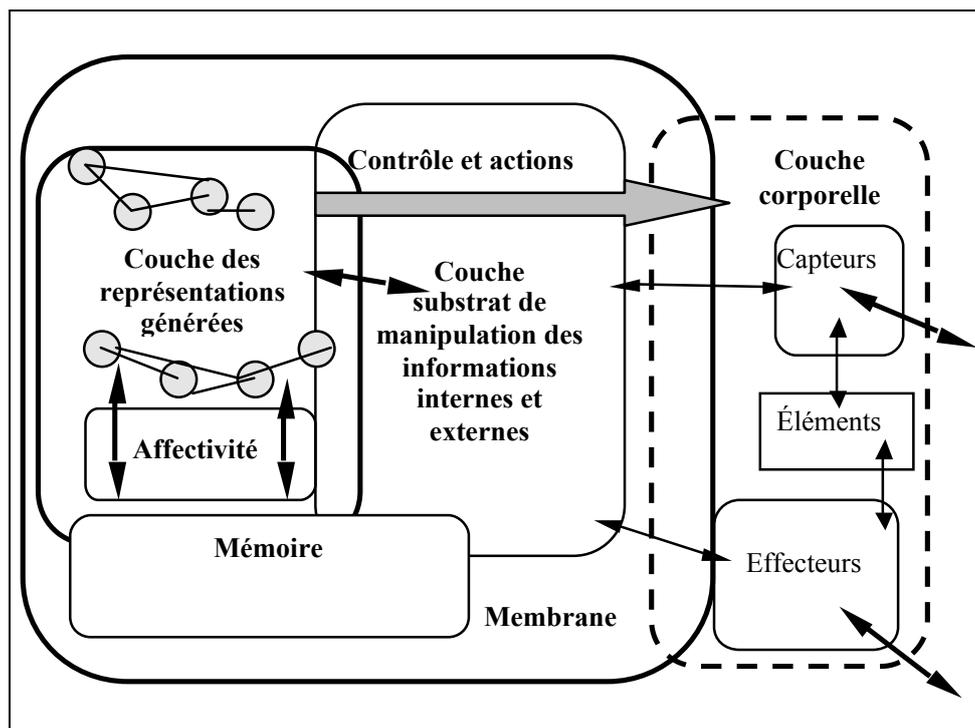


Figure 1. Les principaux composants d'un système générant des pensées artificielles

Le substrat est composé d'éléments dynamiques qui sont, dans le cerveau, les connexions actives de groupes de neurones et qui seront ici des actions communicatives d'agents logiciels légers réifiant chacun un processus portant de la symbolique, les agents aspectuels [Cardon 1]. La couche formant les représentations sera donc l'organisation bien structurée d'un ensemble d'agents logiciels coactifs, avec de nombreux agrégats d'agents complémentaires ou opposés, ces liaisons permettant de constituer, en les prenant à toutes les échelles, la morphologie de l'ensemble, de définir sa forme.

La membrane du système est un composant très dynamique entre le système et le corps artificiel, permettant la relation continue avec les sens représentés de manière basique dans la corporéité. Les sens du corps influent sur la production du système et ce que produit le système a des effets sur le comportement. La membrane n'est ici ni une IHM ni un système de messagerie, mais une organisation d'éléments irriguant et imprégnant, par un maillage fin, toute l'organisation interne des éléments du système, en assurant les communications dans les deux sens avec l'environnement. Ce sera un réseau de circulation dense d'informations qui délimitera le système et assurera ses échanges communicationnels internes et externes, qui feront sa performance visible [Varela].

L'émergence sera une conformation structurée d'agrégats d'éléments du substrat, formant une organisation dynamique, les caractères morphologiques et énergétiques donnant les caractères d'aspect et de sens de cette émergence. Nous appellerons cette émergence la **représentation idéale** produite par le système. Elle sera appréciée, ressentie par le système qui sera donc, d'une certaine manière, conscient de cette représentation.

La notion de génération de représentations idéelles est centrale dans notre modélisation. Elle précise que le système aura vraiment de l'autonomie et pourra continuellement construire de telles représentations constituées de très nombreux éléments de base actifs en parallèle et définissant des conformations, en usant pour cela de toutes ses connaissances et de celles

venant de son environnement. Il devra avoir la capacité de représenter le parallélisme des activités de ses éléments, en l'interprétant séquentiellement, ce qui sera réalisé par une modélisation multiagent spécifique. En ce sens, le caractère adaptatif du système sera la conséquence de ce caractère d'autonomie. Pour pouvoir définir ces formes, il utilisera des mémorisations de formes, et pas seulement de éléments factuels, via des réseaux de neurones artificiels spécifiques. Il mémorisera aussi des tendances à produire des représentations qui auront déjà été déjà utilisées, mais en les combinant, en les maillant, en les modifiant. En ce sens, le système mémorisera et modifiera continuellement sa mémoire en la réorganisant par sa simple utilisation. C'est cela que nous appelons une *mémoire organisationnelle*, qui est totalement distribuée dans l'ensemble des éléments du substrat et des éléments de contrôle [Cf. Fig. 2]. C'est cette mémoire, multi-échelle, faite de liens multiples entre des éléments de base et des groupes d'éléments, qui permettra de mémoriser des événements réels ou artificiels, en générant, par l'activation et les associations d'éléments, des formes idéelles valant pour une sorte de vécu du système.

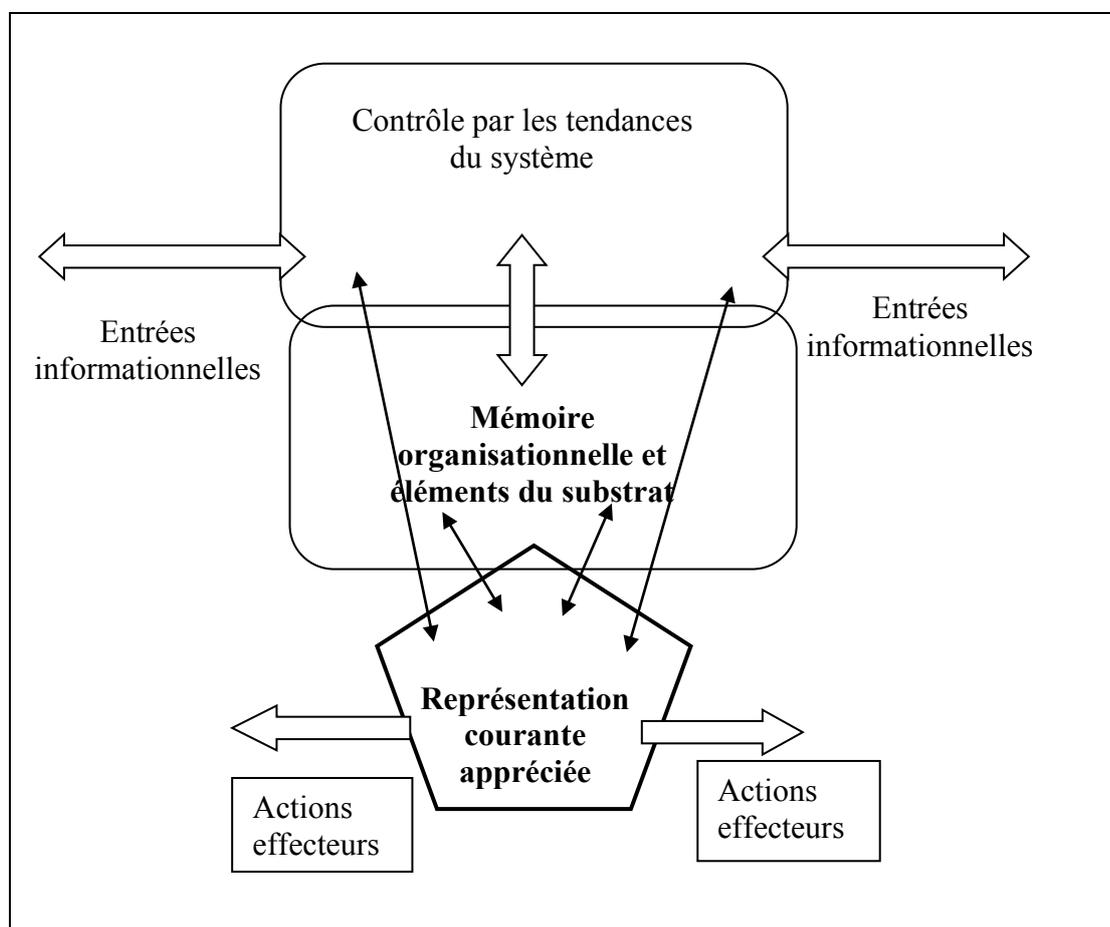


Figure 2. Les composants du système de représentation avec la mémoire organisationnelle

Une représentation idéale dans un tel système est donc un méta-objet interne totalement construit à chaque fois avec des éléments du substrat actifs, apparaissant sous la forme d'un ensemble connecté de processus manipulant des symboles à de multiples échelles, c'est-à-dire en utilisant une mémoire organisationnelle. Cette association de calculs en exécutions, concurrents et parallèles, se représente sous forme de déploiements géométriques, de manière morphologique et sémantique, ce que nous avons appelé ses caractères morphologico-sémantiques [Cardon 2]. La représentation est toujours multi-facettes, elle contient une sensation du corps, une sensation de soi, le caractère l'idée développée avec ses compléments.

Ce que produit le système, la représentation idéale émergente, n'est donc d'aucune façon le résultat d'un processus fonctionnel avec des causes et un effet. Car un tel système doit pouvoir produire des créations originales, des conformations liant des éléments de manière nouvelle. Il pourra aussi, par son architecture, avoir l'équivalent de pathologies, comme dans le cas humain, ce qui sera causé par des bifurcations imprévues dans l'action de ses éléments de contrôle et représenté par la présence d'attracteurs [Marchais - Cardon].

Pour concevoir le fonctionnement d'un tel système, il y aura donc un sous-système d'action morphologique qui sera le sous-système d'évaluation et de contrôle au-dessus du substrat, constitué d'éléments évaluant l'organisation des activités informationnelles et énergétiques se déployant dans le substrat. Ce système utilisera, structurera et organisera, de manière multi-échelle et sans cesse, les activités du substrat. Il produira, par l'expression des caractères dynamiques, géométriques et sémantiques des activités du substrat et par les conformations de celui-ci, des états que nous appelons des états morphologiques caractérisant la représentation émergente qui sera ressentie, liant ainsi toute morphologie multi-échelle à la signification appréciée de certaines choses [Brooks].

Notons que la notion de morphologie que nous utilisons est celle que l'on peut appliquer à un domaine dynamique, qu'elle réfère à la forme des mouvements d'activité d'éléments en agrégations très variables, et qu'elle est différente de la notion de forme physique d'un organe ou d'une chose du réel observable. Elle reprend fidèlement les définitions de R. Thom [Thom].

Nous pouvons maintenant donner une définition constructiviste des conditions de génération d'une pensée artificielle :

- Pour pouvoir générer de la pensée artificielle, il faut disposer d'un système complexe et autonome qui doit, par nécessité, produire des représentations vues comme des ensembles morphologiques complexes sans cesse reconstruits. Ce système, vraiment complexe, doit être en action de reconformation de ses multiples structures dynamiques formant des boucles de rétroaction d'amplitudes différentes. Il doit pouvoir produire des états généraux de conformations qui seront des émergences conduites par des tendances fortes, valant à chaque instant pour une correspondance *forme – signification* et que l'on nommera alors "fait de conscience artificiel". Ce seront des *représentations* référant à différentes choses connaissables du réel.

3 – La notion d'intentionnalité

Une représentation idéale sera donc un construit spatio-temporel, principalement dynamique, générée avec une certaine intentionnalité [Cf. Fig. 3]. La notion majeure d'intentionnalité sera représentée par l'action constante d'un boucle systémique liant tous les composants du système et l'entraînant à fonctionner selon les étapes suivantes :

1. Génération d'une indication valant pour une nouvelle intention,
2. Déploiement du processus de génération de la représentation sous cette intention,
3. Génération de l'émergence de la représentation,
4. Production de la sensation de la représentation,
5. Génération de l'indication suivante...

Le système ne sera donc pas un simple ensemble de composants bien distingués, mais un ensemble de composants dynamiques très fortement reliés par une boucle systémique générale qui les contiendra, générant des boucles annexes dans tous les composants. Il s'agit bien d'un système complexe.

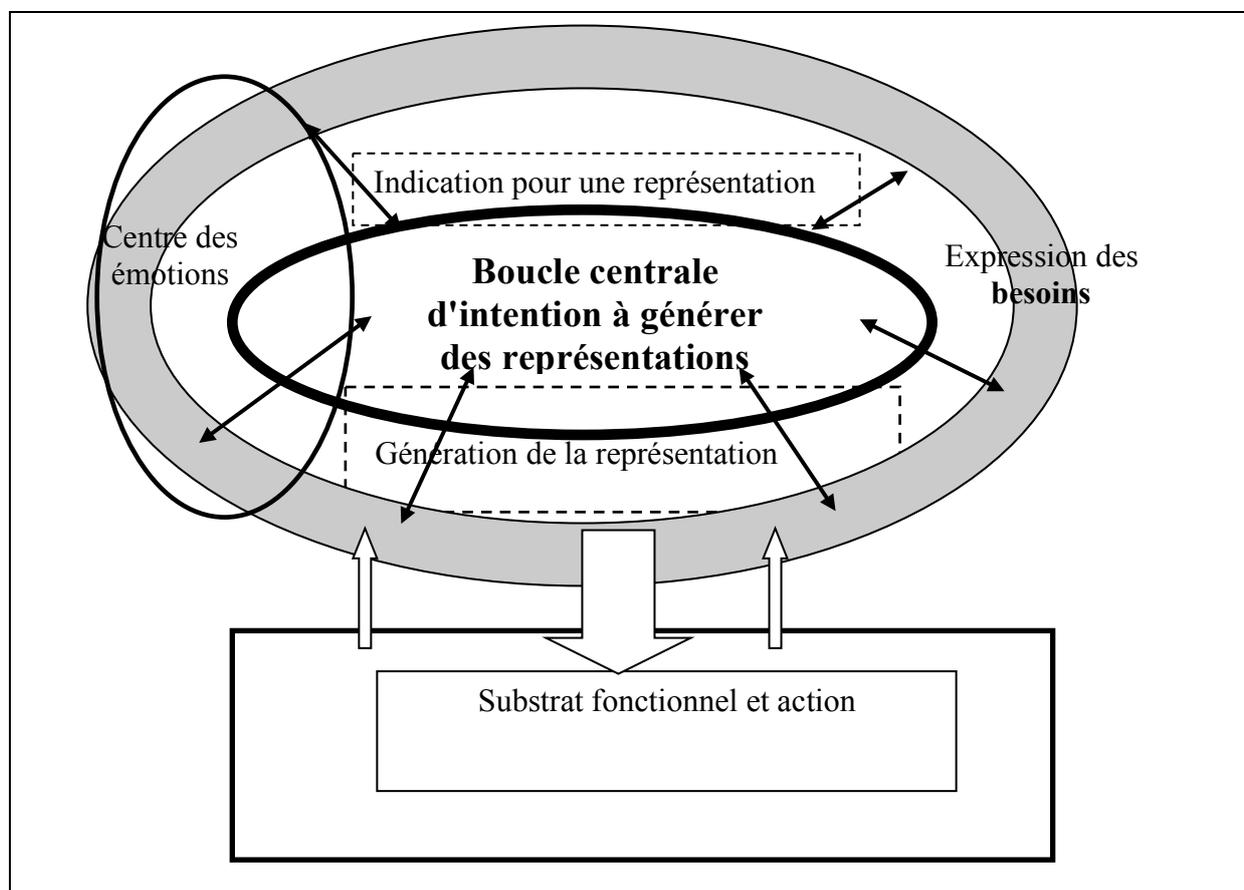


Figure 3. Le système ayant des intentions à générer des représentations

Précisons les caractères fondamentaux pour que le système génère des représentations idéelles avec des intentions. Il devra pour cela avoir des *tendances artificielles spécifiques, des besoins, des désirs*. Ces éléments seront des caractères d'incitation opérant au niveau morphologique. Le système générera des représentations de sa situation courante, de ce qu'il éprouve et s'engage à faire, c'est-à-dire des appréhensions d'événements ou d'objets avec des suites d'appréciations et de déductions, et cela, toujours selon des tendances, des désirs et en produisant simultanément ses sensations et émotions. Ce que nous introduisons de nouveau est donc le fait qu'un tel système peut exprimer de très nombreuses connaissances dans de nombreux domaines sous l'éclairage de tendances et avec des intentions et des sensations pour produire des représentations conduisant son activité. On peut considérer que le sous-système qui générera les représentations dans le système sera de la catégorie des composants psychiques, même s'il est assez élémentaire.

Le système ne cessera de s'interroger, de se poser des questions, de ressentir ce qu'il appréhende et d'apprécier ses appréhensions. Ici réside la différence radicale avec les Systèmes à Base de Connaissances [Newell], qui ne seront utilisés que très localement dans de tels systèmes, comme des solveurs de problèmes spécifiques, car ces systèmes classiques fonctionnent en répondant à une question posée et en fournissant rationnellement la meilleure réponse possible [Uschold & Gruninger].

Une tendance artificielle sera vue comme un besoin propre du système à se placer dans certains états caractéristiques pour ses appréhensions et son comportement. Il y aura deux grandes catégories de tendances artificielles, en transposant les deux cas venant du vivant évolué [Cardon 2] :

1. Les *désirs*, qui sont des tendances orientées vers une satisfaction ou un rejet référant à un objet réel ou abstrait, avec une certaine mise en situation procurant ces caractères subjectifs. Ces désirs conduiront le système à poser des interrogations sur ce qu'il appréhende, de manière continue.
2. Les *tendances au déploiement social*, au respect des principes de la corporéité et du milieu, et qui prendront en compte les fonctionnalités et les connaissances entrées dans le système à la construction. Ces tendances permettront de définir l'intégrité organisationnelle du système dans son milieu.

Il y aura donc un sous-système ancrant les tendances et précisant le fonctionnement admissible, comme la tendance au fonctionnement régulier et satisfaisant le système pour lui-même et certains usagers. Il y aura évidemment un sous-système gérant les émotions, très lié aux tendances, en exprimant ses désirs habituels, ses plaisirs, ses déplaisirs ou ses craintes, et qui sera aussi fortement lié à la corporéité. Les représentations générées seront émergentes selon les tendances et absolument pas déduites de suites d'inférences logiques. Nous appelons donc représentation idéale une forme interne construite qui se déploie pendant une certaine durée et qui exprime les caractères perçus, appréciés et conçus de la situation interne et externe courante du système, selon ses tendances actives.

Ces systèmes pourront aussi avoir une *tendance générale à l'autonomie* leur permettant d'opérer sur leurs multiples composants, en les considérant comme disponibles pour leur propre compte. Toutes leurs tendances conduiront leurs comportements avec les autres systèmes similaires qu'ils identifieront et avec lesquels ils communiqueront. Ces systèmes doivent donc gérer la coordination et superviser les activités des éléments les composant en interprétant aussi les informations qui entrent et qui doivent sortir dans l'environnement. Ils seront qualifiés, de manière générale, de *systèmes avec membrane soumis à des tendances*, c'est-à-dire des *systèmes ayant des besoins propres* [Varela]. Nous considérerons en effet qu'ils sont en communication réciproque avec leur environnement, qu'ils ont à gérer les effets de ces communications à toutes les échelles selon leurs aptitudes, et donc que ce seront des systèmes ayant une autonomie comportementale maximale pour des systèmes construits grâce à l'existence de besoins propres. Nous utilisons ici clairement un paradigme des systèmes du vivant, mais strictement dans le domaine calculable, avec des systèmes ayant des fonctionnalités bien précises.

4 – L'architecture générale du système : un système psychique artificiel

Au niveau de son architecture générale, le système doit avoir les caractères généraux suivants :

- C'est un système informatique lié à un double flux informationnel incessant, l'un venant de l'extérieur via les capteurs et effecteurs de la corporéité du système, et l'autre, interne, activant des potentialités mémorielles d'action.
- Il est composé d'entités calculables, multiples, qui sont proactives c'est-à-dire qui agissent avec une certaine autonomie, chacune ayant un fondement cognitif et géométrique et ayant toutes la qualité d'être évolutives, pour s'agréger à d'autres ou se détacher d'agréments, formant des boucles de rétroaction.

- Il a une architecture permettant de constituer un vécu événementiel sous forme de mémoire organisationnelle systématiquement augmentable, qui est une structure plastique permettant de créer sans cesse de nouvelles mémorisations : tout accès à cette mémoire la modifie. Cette mémoire est basée sur les relations entre les entités de base évolutives, ce qui est de l'ordre du cardinal des parties symbolisées de l'ensemble des entités de base.
- Il subit des tendances fondamentales vues comme des contraintes générales du niveau organisationnel profond, qui sont des tendances pulsionnelles irrépressibles et des forces émotionnelles.
- Il peut objectiver et mémoriser des structures à la fois informationnelles et géométriques valant, en étant activées, pour des éléments de signification, pour jouer sur lui-même et de lui-même.
- Il peut, à tout niveau du caractère de son déploiement de formes dynamiques, lier ses parties actives à sa totalité.
- Selon la sensation et l'émotion éprouvée à propos de l'objet interne émergent, le système poursuit ses générations dans le même cadre ou réalise une bifurcation et change de centre d'intérêt.

Le système générant des représentations aura donc une architecture générale similaire à celle d'un système psychique [Freud]. Cette architecture distingue cinq instances : un centre de traitement des émotions, un non-conscient intégrant une mémoire organisationnelle, un préconscient, un conscient et surtout une boucle systémique organisationnelle unifiant les quatre instances précédentes [Cardon 2]. Le non-conscient sera toujours actif, ce qui permettra de générer des pré-émergences dans le préconscient. Le préconscient, par l'action de la boucle systémique très liée au conscient, dégagera une émergence dans le conscient, qui sera la pensée artificielle courante éprouvée. Le schéma conceptuel du système est alors le suivant [Cf. Fig. 4] :

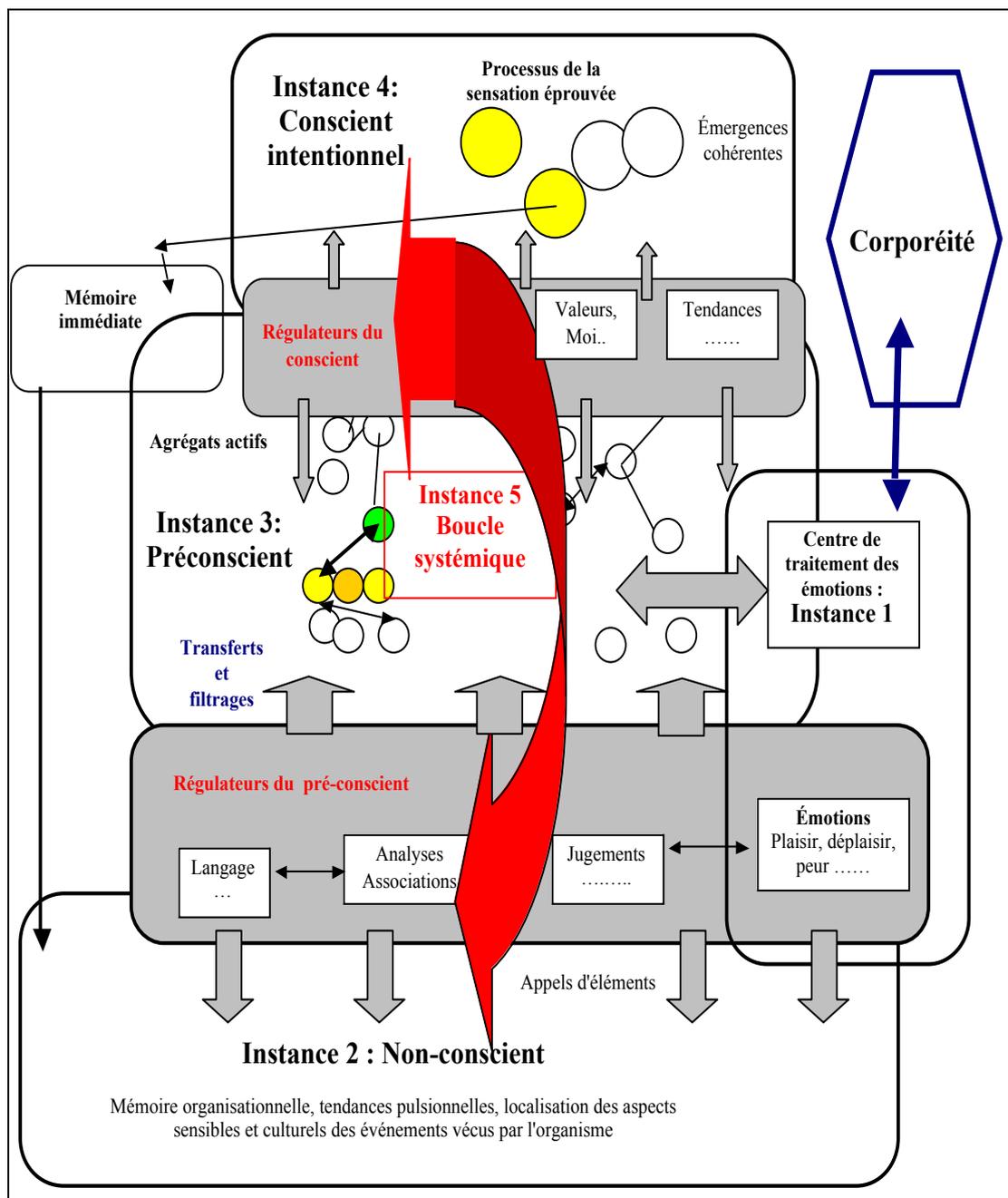


Figure 4 : L'architecture du système psychique artificiel avec ses cinq instances

L'élément de contrôle dans ce système, qui sera actif à de multiples échelles dans toutes les instances, sera appelé un *régulateur*. C'est un élément opérant au niveau morphologique :

- Un *régulateur* est un contrôleur opérant sur les éléments de base et les agrégats d'éléments de base pour les activer et les organiser, sachant que ces éléments sont proactifs. Ce sera aussi des régulateurs qui opéreront pour le contrôle morphologique. Tout régulateur appartient à une catégorie spécifique et communique très fortement avec d'autres régulateurs pour s'unir ou s'opposer, pour former des groupes de contrôle. Les régulateurs représentent ontologiquement des "verbes d'action", tout ce qui est action réelle ou virtuelle exprimée dans une représentation où les éléments de base sont les aspects structurés de cette scène d'action. Les régulateurs formeront des espaces dynamiques organisés, où ils opéreront aussi sur eux-mêmes. Des régulateurs

pourront donner naissance à des éléments de contrôle totalement autonomes par rapport à l'action du conscient, les *attracteurs*, qui seront la cause des dysfonctionnements du système, à ses « pathologies artificielles ». Il s'agit donc, dans ce système vraiment complexe, d'un type de contrôleur permettant l'autocontrôle, avec un contrôle réparti et dense pouvant donner naissance à des bifurcations.

Précisons les éléments régulateurs qui permettent le contrôle multi-échelle :

- Les *régulateurs du préconscient*. Ce sont des contrôleurs spécifiques des types et des qualités des construits idéels qu'il est possible de réaliser, qui filtrent et modifient les éléments passant du non-conscient au préconscient et sans maîtrise directe du conscient. Ces éléments, nombreux et très structurés, vont donner au non-conscient la possibilité d'exercer une action propre sur la construction des représentations, selon les éléments en mémoire organisationnelle qu'il active et transfère, et selon les tendances. Ces régulateurs spécifieront les caractères profonds, mais aussi fonctionnels, rationnels, culturels et sensibles dans toutes les productions, allant de l'identification d'objets à leur mise en situation et désignation dans des plans d'actions, précisant également les types d'émotions et de sensations par ses tendances fondamentales et les effets des pulsions artificielles. Le centre de traitement des émotions aura des régulateurs généraux partagés avec le préconscient, qui se coactiveront avec les autres régulateurs du préconscient. Ces éléments de contrôle vont permettre au système d'avoir un comportement rationnel, sensible, subjectif, particulier, doté de valeurs et éventuellement de profondeur. Il y a de nombreux autres régulateurs que ceux qui sont représentés sur la figure 4, et il y aura des domaines, des hiérarchies d'éléments régulateurs, ce qui est par exemple le cas pour les régulateurs d'émotions qui sont adaptés à la corporéité et à la typologie des multiples émotions pouvant être ressenties, selon les capteurs corporels.
- Les *régulateurs du conscient*. Ces éléments contrôlent les agrégations entre le préconscient et le conscient en suscitant l'émergence de la représentation par distinction, en faisant s'exercer l'intention du conscient et son aptitude à juger la valeur et la réalité de ses représentations. Ces régulateurs feront le psychisme profond du système, son aptitude à situer les événements représentés dans le temps. Ils feront s'activer des morphologies dans le préconscient en engageant, selon leurs spécificités, au questionnement, à l'ouverture, à l'abstraction, à la catégorisation et surtout à l'ipséité, garantissant donc une certaine notion permanente de Moi dans le conscient, qui éprouve finalement pour son compte. Ce sont ces régulateurs qui donneront la tonalité et la valeur des pensées artificielles éprouvées, notamment en réifiant le concept de questionnement sur les choses appréciées, en réalisant la volonté du système à produire telle ou telle suite d'émergences éprouvées, dans telle ou telle situation. Ils formeront eux aussi des domaines, des hiérarchies, en fait une morphologie d'action. Un régulateur particulier, de niveau méta, le régulateur d'intentionnalité, permettra de définir le libre-arbitre du système. Dans tous les cas, ces régulateurs pourront utiliser plus ou moins fortement, par contrôle indirect et surtout par coactivité, les régulateurs du préconscient, en tentant d'en assurer un certain contrôle via la boucle systémique.
- La *mémoire immédiate*, liée au conscient et au préconscient, localisant les formes éprouvées avant de les transférer, avec délai et mise dans un format admissible, dans la mémoire organisationnelle du non-conscient.
- Les *flux d'éléments et de contrôle* entre toutes les catégories d'entités utilisées, à tous les niveaux, permettant de synchroniser ces éléments et de les positionner dans leurs

contextes de façons cohérentes et bien constructives. Ces flux sont variables en signification, en intensité et en vitesse. Ils sont représentés par des boucles, ils sont coactifs, c'est-à-dire qu'ils ont une certaine indépendance mais doivent eux aussi négocier leurs synchronisations. Ils sont impulsés par les organisations de régulateurs et les organisations d'éléments de base.

- **La boucle systémique organisationnelle.** Les manipulations par le conscient de ses régulateurs le liant au préconscient, ainsi que l'action des régulateurs du préconscient le liant au non-conscient, seront organisées par une boucle organisationnelle en action permanente, en fait un espace de bouclage réalisant le contrôle multi-échelles, qui réalisera *l'affect* comme mouvement d'entraînement et de domination à établir entre conscient et non-conscient. Cette boucle ininterrompue est le processus général et unifiant de mise en action et en coactivité de tous les composants et instances du système à tous les niveaux. Elle permettra de faire se réifier le *Moi* du système, par sa relation continue entre les constructions internes des instances et la réalité du monde extérieur perçu, exprimant ainsi la posture du système devant le réel et devant lui-même, c'est-à-dire devant ce qu'il se représente. Elle permettra de réaliser effectivement le libre-arbitre.

Nous pouvons bien préciser ce qu'est cette boucle systémique, élément majeur réalisant le fonctionnement continu du système :

- L'architecture du système permet un contrôle continu de la production de représentations qui vont être ressenties et qui seront le plus souvent intentionnelles. Ce contrôle est l'action de multiples régulateurs avec différentes intensités. Pour cela, l'architecture du système se base sur une boucle de contrôle distribuée de manière dense dans tous les ensembles d'éléments du système, elle coordonne et réalise ce contrôle multi-échelles. Elle est formée de la mise en relation de très nombreux régulateurs spécifiques aux instances. Cette boucle est comme un champ dynamique qui représente la répartition et les actions coactives des contrôleurs qui régulent les éléments de base, permettant de construire chaque représentation et de gérer la mémoire. Elle réifie la notion de contrôle multi-échelle dense dans le système complexe évalué morphologiquement.

Une pensée artificielle qui se fait doit donc être comprise comme un mouvement d'organisation de multiples agents logiciels proactifs de base, se déployant simultanément à plusieurs échelles de structures conceptuelles et d'organisations, en formant des agrégats sous des contraintes multiples. Ils forment ainsi des hiérarchies, en fait des treillis pour les ordres d'activités définis [Cardon 3]. Le substrat dynamique et organisateur produit des émergences sous la forme d'états dynamiques entrant en résonance avec le contrôle, à certains instants, là où la pensée artificielle s'exprime et se ressent, là où le processus général cesse de se déployer pour s'exprimer puis se mémoriser et continuer. Une pensée est toujours une représentation de quelque chose, elle est initiée, ressentie, appréciée pour être utilisée et réutilisée. Nous posons que penser revient à générer de telles représentations ressenties à propos de ce que le système peut concevoir, avec les qualités données par ce que lui permettent son architecture et sa mémoire organisationnelle.

Nous pouvons maintenant donner une définition constructiviste de la génération continue des représentations ressenties :

- Une représentation ressentie est la manipulation, au niveau spatial et temporel, de la conformation d'un flot organisé de très nombreux processus symboliques formant finalement une structure précise. Le flot apparaîtra sous la forme d'une organisation

interne d'entités relativement élémentaires, organisation essentiellement dynamique, appréciée de manière sensible par le système lors de sa construction et jusqu'à la fin de celle-ci. Cette représentation sera construite et modifiée continûment par des mouvements agrégatifs réalisés sur les actions des composants symboliques informationnels et énergétiques de base qui la constituent. Elle vaut pour une ou des choses du monde par la permanence de certains de ses caractères, elle représente, désigne et exprime une chose réelle ou abstraite, par ses aspects et ses caractères, et ceci toujours à plusieurs échelles. Cette représentation, ce construit représentationnel, est fait pour se transformer en un autre plus ou moins différent, sans être une simple substitution, pour constituer le flot continu des pensées générées. Une représentation n'est donc pas un état atteint par le système psychique, mais c'est une organisation flexible de formes informationnelles qui est structurée, modifiée et poursuivie lors de son appréciation par le conscient.

Remarquons bien que le processus d'appréciation de la représentation courante influe sur l'état de cette représentation, par le fait qu'elle est sans cesse plus ou moins modifiée en étant appréciée par cette appréciation intrusive, et cette propriété dote ce processus de construction des caractères très particuliers des systèmes complexes. Ces caractères sont qu'il existe toujours, dans la génération de la représentation, des indications pour les mouvements multiples qui se réalisent et qui s'apprécient simultanément à plusieurs échelles. L'approche constructiviste consiste à considérer cette production de façon géométrique, sémantique et dynamique, ce qui permet de définir tous ses caractères dans un domaine où tout sera finalement mesurable.

5 – Le modèle multiagent massif pour réaliser le système

Pour réaliser le système, nous suivons une approche par organisation massive d'agents, et non une approche centrée agent au singulier où les agents utilisés seraient dotés de "croyances, de désirs et d'intentions" [Ferber]. L'objectif est d'étudier un système multiagent (SMA) permettant la formation de nombreuses agrégations d'agents représentant fidèlement des activités parallèles et concurrentes de processus, en vue de déduire la signification de la réorganisation qu'ils génèrent et qui vaudra pour une représentation.

Il s'agit donc d'abord de concevoir les éléments de base fine du système générant les représentations, les agents. Ces agents seront des entités logicielles proactives possédant des aptitudes communicationnelles très importantes. Ils seront capables de définir leurs buts locaux et de prendre des initiatives pour produire des agrégats structurés d'agents. Ils représenteront tous les éléments conceptuels définissant les connaissances, les qualités et le vécu du système. Le système aura initialement de très nombreux agents, dont seul un nombre assez réduit sera actif, et pourra en modifier et en créer continuellement d'autres, ce qui est une propriété fondamentale de tous les systèmes multiagents [Ferber].

L'émergence dans un SMA est l'apparition de caractères particuliers dans le comportement d'un nombre significatif d'agents, selon leurs intensités, leurs communications et leurs associations, caractères qui ne sont pas explicitement implémentés dans le comportement local de chaque agent mais qui vont être observés et contrôlés par des agents ayant le rôle de régulateurs.

L'émergence organisationnelle sera utilisée dans des SMA massifs dans le but de faire agir de nombreux agents en les contraignant à satisfaire à des tendances fondamentales orientant leurs comportements. Il s'agit d'obtenir une structuration de l'ensemble des agents actifs avec une relation d'ordre majeure donnant la signification de l'ensemble. Nous considérons donc que tout ensemble d'agents opérant pour réaliser l'émergence d'une représentation aura une structure de plusieurs sup demi-treillis spécifiés à différentes échelles [Cardon 3]. Un treillis sera ici un ensemble sur lequel est définie une relation d'ordre sémantique et morphologique où, pour tout couple d'éléments comparables, il existera une borne supérieure en spécifiant la signification. Il s'agit de considérer que deux agents qui sont en relation de communication par leurs accointances deviennent "associables" pour la relation d'ordre sémantique et énergétique à ce niveau en permettant ainsi de les faire passer à un niveau supérieur où les groupes d'agents auront une autre relation d'ordre, et ainsi de suite. Ceci permet de bien utiliser la complexité du système, où il n'y a pas d'ordre global mais de nombreuses relations d'ordres selon les niveaux et selon la morphologie des agrégats. Par exemple les relations d'ordres peuvent être :

- Les agrégats d'agents, où les agents, sont du même type sémantique, ont des objectifs similaires et peuvent s'associer et augmenter l'agrégat, ils ont des objectifs complémentaires et doivent étendre l'agrégat, ils sont opposés et doivent se séparer et se combattre comme agrégats opposés ...

En fait, il sera toujours possible à la conception de définir plusieurs relations d'ordre pour les groupes d'agents et il faudra dans l'usage choisir les plus pertinentes ou la plus pertinente, ce que fera le système de contrôle.

Dans chaque relation d'ordre, il s'agit alors de préciser que deux agents en relation peuvent être caractérisés par un autre agent éphémère réalisant leur synthèse et qui sera leur majorant courant en sémantique et en action. C'est avec ce type de relations que l'on définira la structuration et la définition des agrégats d'agents. Nous allons donc considérer des relations sémantiques permettant de comparer les agents et de définir pour des ensembles d'agents en communication et en coopération, la notion d'agent majorant qui fera la synthèse sémantique du groupe. Pour cela nous parlerons de *treillis sémantique* sur l'ensemble des caractères des agents formant les agrégats.

On peut donc dire que les ensembles d'agents actifs et en communications, forment à chaque niveau d'agrégation un sup-demi treillis, dégageant finalement une borne supérieure à leur ensemble. Il pourra donc y avoir un contrôle de niveau méta pour susciter l'émergence par utilisation de ces dégagements de bornes supérieures, et nous disons bien "susciter" et non imposer. Ces systèmes seront en relations fortes avec les états d'un environnement très changeant qu'ils interpréteront de façon continue et simultanément à plusieurs échelles.

L'élément de base est l'agent aspectuel. C'est un agent léger qui réifie, sous forme de règles et de métarègles, des connaissances précises et limitées sur un aspect du fonctionnement du système. Son activité révélera ces aspects fonctionnels comme pertinents ou non pour l'état et la situation courante de l'émergence en cours. Pour exprimer la pertinence des connaissances qu'il représente, cet agent devra systématiquement se lier à d'autres agents. Il aura la propriété d'avoir ses connaissances mises en situation à des échelles supérieures et donc orientées, éclairées de manières spécifiques par les caractères des tendances fondamentales actives. Il sera une entité relationnelle qui se modifiera de manière multi-échelles pour se mettre en position d'action dans l'ensemble organisé des agents actifs.

La propriété de voir les connaissances locales d'un agent aspectuel orientées par les tendances générales du système sera la clé de la représentation des points de vue et des choix

intentionnels à se focaliser sur certains caractères pour la forme émergente. Cela nécessitera, au niveau conceptuel, un partage très fin des structures de l'agent pour pouvoir les altérer par niveaux et selon les tendances, afin de donner un certain éclairage aux connaissances. Sa représentation informatique sera donc distincte du simple paradigme objet, où les méthodes sont encapsulées et définitivement permanentes dans les classes.

On peut énoncer une clé technique et organisationnelle du problème de la génération des représentations formées d'agrégations d'agents. En effet, si les agents se fondent sur leur proactivité et sur leurs seules accointances pour chercher à s'associer à d'autres, le problème est insoluble. La solution sera dans une conduite dirigeant les accointances pertinentes et la règle fondant les agrégations sera la suivante :

- Les agents aspectuels seront conduits à s'agréger en groupes pour former très rapidement des ensembles cohérents décrivant les différents aspects d'une représentation si et seulement si leurs accointances et les métrarègles qui les dirigent sont conduites par un champ de cohérence exprimant la tendance courante.

Ainsi, tout agent sera systématiquement placé sous un éclairage ordonnant ses accointances et les métrarègles qui permettent de les utiliser, pour le faire se lier à des agents qui seront ses proches dans un agrégat et éviter de perdre du temps en vaines tentatives de liaisons. Ceci se fait selon le passé du fonctionnement du système, mémorisé dans les agents, qui amplifie des lignes de force dans les relations d'accointances entre agents, et par un réseau de contrôle qui altère les activités communicationnelles et comportementales des agents aspectuels. Évidemment ce contrôle sera incitatif et variera selon les qualités des actions émergentes, et la pertinence de l'effet des tendances. Tout agent aspectuel activé devra se positionner dans un domaine sémantique précis, avec des relations avec les autres agents actifs associés, où qu'il éveille, selon son historique et l'état du contexte tel qu'il lui est indiqué par les agents de contrôle qui imposent la direction tendancielle. En ce sens, on peut dire que le système opère bien la génération de ses représentations sous tendances et qu'il utilise très fortement son passé qui a qualifié ses tendances à former des agrégats typiques plutôt que d'autres.

Nous représentons la mise en action d'une tendance par un processus méta opérant alors que d'autres tendances sont actives pour en dégager une ou un ensemble cohérent : le réseau morphologique utilisant les fonctionnalités de la membrane dynamique. Ce processus sera le suivant :

1. On dispose d'un *réseau de tendances* constitué d'agents morphologiques spécifiques toujours actifs et représentant ces tendances. Ces agents seront toujours actifs de façon potentielle dans le réseau, mais un agent ou un petit groupe de ces agents représentant une tendance devra émerger comme hégémonique pour que la tendance devienne active dans le système aspectuel et l'engager dans son cadre.
2. On dispose du *réseau morphologique*, qui représente l'état de l'organisation aspectuelle présent et passé, et qui vaudra pour préciser l'état du système.
3. On dispose du *réseau membranaire*, qui représente l'inertie fonctionnelle et communicationnelle du système et qui limitera l'action des deux réseaux précédents pour garantir une fonctionnalité minimale permanente au système.

Ces trois réseaux seront actifs de manière proactive via la boucle organisationnelle et devront négocier leur équilibre. Pour cela, nous appellerons l'ensemble coactif équilibré formé par ces trois réseaux *l'organisation d'équilibre intentionnel* du système. Cet équilibre devra se réaliser de manière continue pour que l'on puisse considérer que le système opère par intentionnalité, et non par réaction ou par hasard. Il s'agit bien de permettre aux tendances et à

l'expression de l'intentionnalité de rechercher des situations d'équilibres durables et d'éviter l'instabilité et les bifurcations.

Algorithme d'équilibre intentionnel

Début

1. Action du réseau morphologique : selon la morphologie du réseau, proposition de conservation de la tendance dominante courante, de modification de cette tendance ou de dégagement d'une autre tendance dominante. Ces propositions sont morphologiques par dégagement de patterns de possibilités correspondants à des tendances typiques. Les patterns sont proposés au réseau de tendances.
2. Négociation rapide entre le réseau morphologique et le réseau de tendances, puis action du réseau de tendances, par dégagement de la tendance la plus énergétique correspondant à un pattern du réseau morphologique, les autres tendances, les autres patterns, devenant récessifs. Lancement de la tendance dominante dans le réseau morphologique sous la contrainte de la membrane.
3. Action de la membrane, interdisant éventuellement l'action de la tendance ou de sa prolongation par intérêt économique fondamental (mesure de l'abaissement énergétique dans les réseaux d'agents), pour garantir l'intégrité du système.
4. Action de la tendance sur l'organisation aspectuelle et production d'une suite d'émergences dans le système de représentation définissant le flot des pensées exprimées sur un thème.
5. Action de l'émotion de satisfaction ou d'insatisfaction selon l'appréciation du résultat des émergences sous l'action de la tendance.

Fin

La réalisation d'un tel système demande de disposer de très bonnes plateformes multiagents, spécifiques selon le domaine d'application considéré, et de leurs liaisons avec des systèmes électroniques réifiant la corporéité. L'architecture n'est pas simple, mais elle est aujourd'hui bien définie et je l'ai longuement publiée. Ce qui est le plus délicat à réaliser est de représenter le « vécu » artificiel du système et ses tendances fondamentales, car le système doit être créé opérationnel pour agir et évoluer dans son domaine d'application. Ce point est fort délicat, car il s'agit là de recherches pluridisciplinaires non triviales. Ces recherches sont actuellement entreprises dans différents pays pour réaliser le système, mais elles ne sont plus dans le domaine universitaire public en France. Je n'y participe donc pas, pour des raisons éthiques, car le choix du domaine d'application d'un tel méta-système n'a rien de neutre et certains domaines d'application peuvent être très inquiétants.

6 – Conclusion

Beaucoup de notions habituelles en informatique sont interprétées ici dans une approche constructiviste des systèmes complexes pour produire des systèmes capables de générer intentionnellement des faits de conscience et les ressentir. J'ai tenté de présenter de l'informatique créative, loin de la technologie habituelle qui la submerge. Les notions d'états, de mémorisations, de contrôles des processus et d'émergences dans les systèmes multiagents massifs sont toujours d'actualité en recherche, et sont appréciées ici dans une optique strictement constructiviste. La question est maintenant de réaliser le système en définissant un vécu artificiel et en précisant les tendances implémentées à la construction. Ceci est bien une

tâche pluridisciplinaire majeure, qui peut être délicate car il n'y a pas entente entre les spécialistes sur ce qu'est et doit être un tel vécu. Mais le modèle étant proposé, le système sera fait quelque part. Il est en développement, assez loin des sites universitaires français, et il pourra être déployé dans très peu de temps sur les innombrables systèmes informatiques qui existent, et ainsi fonctionner selon sa qualité fondamentale : être un méta-système global. Mais est-ce que notre société hyper-technologique possède le bon niveau d'éthique pour bien utiliser un tel système ?

Références

- [Brooks] Brooks R. A., *Flesh and Machines*, Pantheon Books, 2002.
- [Cardon 1] Cardon A., *Modéliser et concevoir une machine pensante*, Approche de la conscience artificielle, Vuibert Paris, 2004.
- [Cardon 2] Cardon A., *Un modèle constructible de système psychique*, Préface du Docteur Pierre Marchais, éditions Automates Intelligents, Janvier 2011.
- [Cardon 3] Cardon A., *Les systèmes de représentation et l'aptitude langagière*, éditions Automates Intelligents, 2013.
- [Chalmers] Chalmers D., *L'esprit conscient. A la recherche d'une théorie fondamentale*, Traduction Stéphane Dunand, Ithaque, 2010
- [Ferber] Ferber J., *Les systèmes multi-agents*, Inter Editions., 1995.
- [Freud] Freud S., *The Complete Psychological Works of S. Freud*, J. Strachey, The Hogarth Press, London, 1966.
- [Le Moigne 1990] Le Moigne J.-L., *La Modélisation des Systèmes Complexes*, Dunod, 1990.
- [Marchais P. & Cardon A.] *Troubles mentaux et interprétations informatiques*, Contribution à l'étude du fonctionnement psychique, éd. L'Harmattan Paris, octobre 2010.
- [Newell] Newell A., *The Knowledge Level*, in *Artificiel Intelligence*, vol. 18, 1982.
- [Thom] Thom R., *Stabilité structurelle et morphogenèse*, W. A. Benjamin, INC, Massachusetts, 1972.
- [Uschold & Gruninger] Uschold M., Gruninger M., *Ontologies: Principles, Methods and Applications*. *Knowledge Engineering Review* 11(2),1996.
- [Varela] Varela F., Thompson E., Rosch E., *L'inscription corporelle de l'esprit*, Seuil, 1993.