

Temps des structures et conscience historique : réflexions sur l'identification et la représentation collective des phénomènes émergents en sciences sociales et la modélisation de l'émergence comme processus historique, génétique et cognitif

Denis Phan

*Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne
ICI, Université de Bretagne Occidentale & Leibniz-IMAG, Grenoble
Communication aux 11^o journées de Rochebrune, 26 Janvier au 30 Janvier 2004*

Résumé

Les méthodes de modélisation et de simulation de sociétés artificielles représentant des agents humains en interactions devraient prendre en compte au moins trois caractéristiques interdépendantes des activités humaines : celles-ci se déroulent dans le *temps*, dans un *environnement social structuré* et résultent de *choix réalisés par des entités dotées d'une capacité réflexive* sur cet environnement et sur eux-mêmes. Naturellement, cet impératif se trouve limité, pour ce qui est de son implémentation, par les avancées des systèmes disponibles. L'objet principal de cette note est de proposer des éléments de réflexions sur la nature des caractéristiques et de la séparation entre ce qui est pratiquement modélisable aujourd'hui et ce qui ne l'est pas. La définition du « temps » que nous avons retenue est celle d'un « *changement continu par lequel le présent devient le passé* ». Plus précisément, s'agissant de la modélisation d'actions humaines, on s'intéressera au *processus historique* « *par lesquels le temps transforme en un passé unique la multiplicité des avenir possibles* ».. Il s'agit donc de poser les problèmes associés à la modélisation et à l'interprétation du « *temps des structures* » sociales, de leur émergence et de leur intégration dans la conscience individuelle et collective. Plus spécifiquement, la question de départ concerne les fondements philosophiques de la notion de « temps ». Pour dépasser l'opposition classique entre « réalisme » et « idéalisme », on recourt à la dimension intersubjective de la temporalité vécue, fondée sur les interactions langagières. La prise en compte du changement social et l'évolution des représentations dans une temporalité « sociale » mène à un point de vue temporel « génétique », dans lequel la conscience collective de la relativité du temps présent conduit à une « *conscience historique* ».

Dans un second temps, on rappelle les avancées réalisées et les limites rencontrées par les modélisateurs multi-agents dans ce domaine, en les replaçant rapidement dans le débat de sciences cognitives sous-jacent. La question de l'*émergence* nous renvoie au problème des niveaux de complexité et au statut de l'observateur, à la question du réductionnisme, et finalement à une discussion sur les difficultés de formaliser les processus relatifs à la conscience. L'introduction explicite de la temporalité passe alors par une discussion sur la portée et les limites de la formalisation et de la représentation *des structures génératives*, selon un point de vue inspiré du structuralisme génétique de Piaget. La troisième section reporte les problèmes de « réductionnisme » et de philosophie de l'esprit évoqués dans la seconde section à la question de la pluralité ou de l'unicité des approches en sciences sociales. Constatant un *manque de fondement ontologique pour les faits sociaux*, la discussion du point de vue proposé par Searle dans « la construction de la réalité sociale » permet de faire le lien avec plusieurs questions soulevées dans les deux premières sections, tout en constatant que cette construction logique ignore la dimension temporelle, sans cependant être incompatible avec cette dernière dimension. L'introduction de la dimension temporelle sera discutée à un niveau d'abstraction moins élevé, à partir des travaux de Munck (1999) qui propose de dépasser certaines limitations de Searle en introduisant à la fois une dimension cognitive et temporelle

Version longue mise à jour disponible à l'adresse :

<http://www-eco.enst-bretagne.fr/~phan/papiers/RocheBrunePhan2004.pdf>

Temps des structures et conscience historique : réflexions sur l'identification et la représentation collective des phénomènes émergents en sciences sociales et la modélisation de l'émergence comme processus historique, génétique et cognitif

Denis Phan¹

*Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne
ICI, Université de Bretagne Occidentale & Leibniz-IMAG, Grenoble
Communication aux 11^o journées de Rochebrune, 26 Janvier au 30 Janvier 2004*

Version longue mise à jour disponible à l'adresse :

<http://www-eco.enst-bretagne.fr/~phan/papiers/RocheBrunePhan2004.pdf>

Introduction

Les méthodes de modélisation et de simulation de sociétés artificielles représentant des agents humains en interactions devraient prendre en compte au moins trois caractéristiques interdépendantes des activités humaines : celles-ci se déroulent dans le *temps*, dans un *environnement social structuré* et résultent de *choix réalisés par des entités dotées d'une capacité réflexive* sur cet environnement et sur eux-mêmes. Naturellement, cet impératif se trouve limité, pour ce qui est de son implémentation, par les avancées des systèmes disponibles. L'objet principal de cette note est de proposer des éléments de réflexions sur la nature et les caractéristiques de la séparation entre ce qui est pratiquement modélisable aujourd'hui et ce qui ne l'est pas, ainsi que sur l'articulation épistémique entre les niveaux de connaissance que cela implique. En d'autres termes, il s'agit donc discuter le principe d'un « dualisme méthodologique » pour l'approche des phénomènes humains et sociaux par la modélisation « constructive » de « sociétés artificielles d'agents ». La « temporalité des structures », qui est progressivement définie, sert de fil conducteur à cette démarche.

Dans cet objectif, cette note *soulève un certain nombre de questions* liées à la prise en compte simultanée du *temps* et des *structures sociales* dans la modélisation multi-agents des sociétés artificielles représentant *des agents humains doté d'un certain degré de réflexivité*. Au niveau préliminaire où nous nous situons, il s'agit d'abord de souligner l'existence de ces problèmes, fondamentaux pour le développement de cette approche, sans nécessairement chercher ni à y répondre, ni même à « balayer » toutes les dimensions du sujet. Plus spécifiquement, notre objectif de départ présuppose donc un *dualisme méthodologique* dont le statut doit être précisé par un regard croisé sur des travaux provenant des champs de (1) la philosophie, de (2) l'intelligence artificielle et des systèmes multi-agents et enfin (3) de l'épistémologie et de la méthodologie des sciences humaines et sociales. La confrontation de ses approches est nécessaire dans la mesure où ceux-ci nous fournissent un cadre conceptuel préexistant qui nous permet en

¹ L'auteur remercie Jean Louis Dessalles pour ses remarques constructives sur une précédente version de ce papier.

particulier « de définir les questions fondamentales de la science cognitive de manière cohérente et garantit l'intégration correcte des recherches effectuées dans des domaines disparates » (Gardner, 1985).

Jusqu'où peut-on modéliser le « *temps des structures sociales* », de leur *émergence* et de leur *assimilation* dans les « *consciences* », *individuelles et collectives*? Lorsque l'on adopte une telle perspective temporelle, qu'est-ce qui relève de l'interprétation humaine, et que sait-on effectivement modéliser ? Peut-on définir des « *patterns* » de modélisation qui favorisent et clarifient les conditions d'interprétation ? Lorsque l'on adopte un point de vue temporel « *génétique* », où le *changement social* et l'*évolution des représentations* se trouvent au cœur du processus, la dimension de la « *conscience collective* » dont il sera question sera bien entendu celle d'une « *conscience historique* ». Mais dans quelle mesure une telle « conscience » est-elle modélisable - si elle l'est ? Cette question concerne donc aussi bien le problème du modélisateur que celui de l'agent modélisé. Elle pose aussi le problème de l'identification de ce qui est formalisable et relève du modélisateur et de ce qui ne l'est pas et relève de l'interprétation du simulateur. Pour éclairer ces questions, il n'est pas inutile de chercher des fondements philosophiques et méthodologiques pertinents pour conceptualiser un *processus cognitif et social* qui va de l'identification (individuelle) des phénomènes sociaux émergents à leur assimilation dans ce qu'il est convenu d'appeler les « *représentations collectives* », dont la « *conscience historique* » est une des dimensions.

Quels fondements ontologiques et épistémiques pour la modélisation « historique » des sociétés d'agents artificiels ?

Le « temps » est une notion polysémique, comme le rappelle Chenet (2000), qui liste une quantité impressionnante des questions liées à cette notion. Pour restreindre notre perspective, le *Vocabulaire philosophique* (Lalande) en propose déjà trois, auxquelles il faudrait ajouter l'énumération de deux grands types de relations et propriétés temporelles issue de la perspective anglo-saxonne de philosophie analytique, appelées par McTaggart « série A » et « B » (Engel, 2000 ; Audi 1999). La définition du « temps » que nous avons retenue est celle d'un « *changement continu par lequel le présent devient le passé* » (Lalande définition B). Plus précisément, s'agissant de la modélisation d'actions humaines, on se place du *point de vue d'un observateur humain* capable de forger des projets ou des anticipations sur l'avenir. Ces changements se traduisent alors par un « *processus historique par lesquels le temps transforme en un passé unique la multiplicité des avènements possibles* » (Lesourne, 1991 p.8) Remarquons que cette dernière définition, que nous retenons, suggère un enchaînement irréversible dans les événements et appelle déjà une clarification ontologique sur la nature du « temps » ainsi conçu ; elle est en effet déjà plus spécifique que la définition « B » du Lalande précédemment citée ou encore que les opérateurs temporels de la philosophie analytique.

Deux dimensions sont sous-jacentes dans la définition proposée par Lesourne d'un *processus historique*. Une dimension *subjective* d'abord, car seul l'esprit (pris pour l'instant dans sa définition commune, qui sera discutée plus précisément plus loin) a la capacité de former ces états de conscience que sont les représentations de l'avenir. Le

« *temps de l'histoire* » est donc d'abord un « temps vécu » ou pour le moins la conscience - par nature subjective - du « *changement continu* par lequel le présent devient le passé ». Une dimension plus « objective » ou pour le moins « interactive », ensuite, qui plonge le sujet dans son environnement. Dans cette dimension, l'environnement aussi bien que le sujet sont soumis au processus de changement qui sélectionne parmi les possibles un état particulier qui deviendra un passé unique. La question de la « réalité » de cette évolution temporelle qui s'impose au sujet dans ce processus historique se pose alors d'un double point de vue ontologique et épistémique. A quelle « réalité » se réfère le « temps » du processus historique ? Le temps est-il une propriété de l'objet (ici l'environnement) qui existe indépendamment du sujet ou une abstraction de cette propriété ? S'agit-il plutôt d'une pure idéalité ? Pour dépasser l'opposition classique entre « réalisme » et « idéalisme », on recourt à la dimension intersubjective de la *temporalité vécue*, fondée sur les interactions langagières qui nous conduisent à une *temporalité sociale*. Les notions « d'historicité » et de « conscience historique », qui proviennent d'une longue tradition de la philosophie allemande qui va du romantisme à l'herméneutique contemporaine en passant par la phénoménologie, sont introduites à travers la hiérarchie des modes de temporalité proposée par Heidegger (1927) et l'herméneutique de Gadamer (1960, 1963). La confrontation entre cette tradition et les approches anglo-saxonnes issues de la tradition analytique, représente, au niveau philosophique, un contrepoint de notre question de dualisme méthodologique². Finalement, la prise en compte du changement social et l'évolution des représentations dans une temporalité « sociale » conduit à un point de vue temporel « génétique », dans lequel la conscience collective de la relativité du temps présent conduit à une « *conscience historique* ».

Concevoir et formaliser l'émergence structurelle comme un processus historique, interactif et cognitif

Dans un second temps, on rappelle les avancées réalisées et les limites rencontrées par les modélisateurs multi-agents dans ce domaine (par ex : Axtell, 2000 ; Gilbert, 1995, Muller, 2000, 2002 ; Ferber et al. 1997), en les replaçant rapidement dans le débat de sciences cognitives sous-jacent (Amy et alii, 1992, Gardner, 1985), en particulier en ce qui concerne les questions de « philosophie de l'esprit » (Engel, 1994, Pinkas ; 1995). Une des caractéristiques distinctives de la dynamique des systèmes d'agents en interactions, considérés comme des systèmes complexes adaptatifs, réside dans la propriété d'*émergence* entendue comme *l'identification par un observateur de nouvelles régularités associées à un processus qui ne peuvent être déduites à partir de la connaissance de seules propriétés des éléments (agents) constitutifs du système*. Pour l'observateur extérieur (modélisateur, simulateur-expérimentateur) l'émergence de telles structures constitue une manifestation temporelle au sens évoqué ci-dessus. De manière complémentaire, la construction d'une *perspective temporelle endogène* par les agents eux-mêmes, placés en position d'observateur du processus auquel ils participent, pourrait

² Une autre dimension de cette question est abordée dans le débat entre le neuro-physiologiste Jean Pierre Changeux et le philosophe Paul Ricoeur (Changeux, Ricoeur, 2000)

résulter de la modélisation d'une démarche d'observation et de cognition - à spécifier. Cette démarche pourrait avoir la propriété d'*identifier* dans le processus de tels phénomènes émergents, de *les interpréter*, de les *qualifier* et d'en *partager la représentation* avec d'autres agents. Au niveau de la modélisation des structures cognitives, les conséquences de cette démarche pourraient être elle-même identifiées comme un phénomène émergent. Une telle perspective pose de nombreux problèmes bien connus des philosophes : questions ontologiques sur la nature des « faits sociaux », la « réalité » des « représentations », etc... questions épistémiques sur le processus de connaissance, l'unicité ou la pluralité des méthodes scientifiques, la spécificité des sciences humaines, la possibilité ou l'impossibilité du réductionnisme etc... Nous n'abordons dans cette section que la discussion sur la portée et les limites de la formalisation et de la représentation des structures génératives, selon un point de vue inspiré du structuralisme génétique de Piaget, et discuté par Ducret, Schachner (1992 a et b).

Sur les structures mentales et constructivisme social : quelle place pour le « temps de l'histoire » ?

La troisième section reporte les problèmes de réductionnisme et de philosophie de l'esprit évoqués dans la seconde section à la question de la pluralité ou de l'unicité des approches en sciences sociales. Constatant un manque de fondement ontologique pour les faits sociaux, la discussion du point de vue proposé par Searle dans « la construction de la réalité sociale » permet de faire le lien avec plusieurs questions soulevées dans les deux premières sections, tout en constatant que cette construction logique ignore la dimension temporelle, sans cependant être incompatible avec cette dernière dimension. L'introduction de la dimension temporelle sera discutée à un niveau d'abstraction moins élevé, à partir des travaux de Munck (1999) qui propose de dépasser certaines limitations de Searle en introduisant à la fois une dimension cognitive et temporelle

1 - Sur les questions philosophiques posées par la modélisation « informatique » et « sociale » : quels fondements ontologiques et épistémiques pour la modélisation « historique » des sociétés artificielles d'agents cognitifs : ?

De nombreux théoriciens des systèmes multi-agents, ou plus généralement de chercheurs qui adoptent une perspective « émergentistes », revendiquent une approche « constructiviste ». Cette approche est parfois complétée par un « *relativisme* » fort qui se traduit parfois par un rejet de tout « *réalisme* ». Par ailleurs, un autre courant très présent dans les sciences cognitives cherche à ancrer de manière univoque toute activité mentale dans ses bases matérielles, par une « naturalisation » de l'esprit. L'articulation entre ces points de vues ne va d'autant pas de soi que la « philosophie spontanée des savants » n'utilise souvent que des emprunts « locaux » dans les vastes débats qui animent la communauté des philosophes. Pour essayer de clarifier ces questions, cette section est consacrée, à partir de travaux de philosophes, à un essai de définition plus précise du contenu exact que l'on peut donner à certains concepts, en particulier selon le contexte où

il sont employés. Cette tentative de clarification permet de faire ressortir les problèmes et peut aider à dépasser d'apparentes contractions.

Ainsi par exemple, certains modélisateurs en systèmes multi-agents cherchent à se rattacher à des épistémologies explicitement qualifiées de « constructivistes » (Watzlawick, 1981 ; Le Moigne, 1995, 2001) et rejettent le « réalisme » (par ex : Ferber J. Guérin V., 2002). De même, Ducret, Schachner, (1992a), comme nous le verrons plus loin, lorsqu'ils discutent du rapport entre émergence et constructivisme se placent dans une perspective post kantienne³ Dans cette perspective, il est intéressant de souligner que si l'idéalisme transcendantal de Kant est parfaitement compatible avec un *relativisme épistémique* (c'est à dire relatif au procès de formation des connaissances), il n'est pas incompatible non plus avec un *réalisme ontologique*, puisque les « choses en soi » peuvent exister en dehors de l'esprit, bien qu'elles ne lui soient pas accessibles, contrairement à leur manifestation phénoménale⁴. Pour clarifier de telles questions, on présente d'abord l'opposition classique entre « réalité » et « idéalité » du temps, puis on discute l'expérience du temps et de la socialisation, avec le « temps vécu » et « temps social », ce qui nous conduira à la dimension culturelle et historique des temporalités, avec les notions « d'historicité » et de « conscience historique ».

1.1. Réalité ou idéalité du temps

Pour les philosophes, le « temps » est-il de l'ordre de la réalité ou est-il un pur produit de l'esprit ? Chenet (2000) organise la présentation de cette question en discutant principalement des positions aristotéliennes, kantiennes et hégéliennes.

Selon Aristote, le temps est une caractéristique du monde réel, associé au mouvement ainsi qu'au changement, mais cependant distinct. Le *temps caractérise le mouvement*, et nous permet d'en mesurer la vitesse. Notre perception du temps relève de l'ordre de la représentation qui associe le sujet à l'objet, mais il existe dans le mouvement même des objets, indépendamment de la perception que l'on peut en avoir. Sa nature réside dans son altérité qui lui permet d'étalonner l'ordre du mouvement et nous permet d'en établir une mesure. Le temps est « quelque chose du mouvement ». Au niveau subjectif, la *perception du changement* suppose celle du temps, vu comme une succession d'instant⁵ établissant un rapport d'antériorité et de postérité : « c'est par l'articulation de l'avant et de l'après, c'est à dire d'un ordre de succession, que nous percevons le temps » (Chenet, 2000 p. 61). Le temps peut alors être défini comme le « nombre du mouvement selon l'antérieur et le postérieur ». Si le temps mesure donc les mouvements, ce dernier se fonde finalement sur quatre changements dans les catégories : (1) « génération » ou « corruption » de l'être ou de sa substance, (2) variation quantitative ou (3) qualitative (3)

³ Ce n'est pas le cas de Le Moigne, qui ignore Kant dans son ouvrage de 2001 sur le constructivisme.

⁴ Cette position est à rapprocher de celle de certains physiciens qui prônent un réalisme « affaibli » face aux problèmes épistémiques liés à la physique quantique (D'Espagnat, 2000, Zwirn, 2000)

⁵ sur l'aporie ontologique du temps liée à l'instant, cf. Chenet, 2000, Bachelard (1931)

déplacement spatial. Finalement, selon Chenet, pour Aristote, la dimension spatiale est logiquement antérieure à la dimension temporelle : « c'est parce que l'antérieur-postérieur selon le lieu existe que l'antérieur-postérieur temporel peut exister, un rapport d'analogie s'établissant entre eux » (op. cit. p. 62).

A la position réaliste d'Aristote, on peut opposer l'idéalisme transcendantal de Kant. Il s'agit d'un *idéalisme épistémique*, appliqué au processus de connaissance lui-même, mais non à la réalité empirique qui existe en soi en dehors de nous, bien que partiellement inaccessible à notre connaissance (phénomènes / noumènes). Selon le principe de *l'idéalisme transcendantal* : « toutes les choses que nous intuitionnons dans l'espace ou le temps (...) ne sont que des phénomènes, c'est à dire de pures représentations » (Esthétique transcendantale)

Selon cette perspective, le temps n'est pas une propriété des objets dont nous aurions une connaissance subjective limitée, ou une abstraction construite par le sujet, mais une *forme a priori de l'intuition*, c'est à dire une *composante subjective a priori* associée à la sensibilité et à l'entendement. Plus précisément, le temps participe au rôle médiateur des « schèmes transcendants » qui font le lien entre la sensibilité et l'entendement. Il permet en effet de définir le mode d'être des catégories *a priori* de l'entendement au moyen de ces schèmes, et rend donc possible l'application de ces catégories aux phénomènes sensibles. Le temps peut donc être vu à travers la manière dont il détermine *a priori* les quatre types de schèmes kantien en rapport avec les quatre catégories *a priori* de l'entendement (grandeur, qualité, relation, modalité). Les schèmes sont ainsi des « déterminations transcendants du temps » dans l'organisation de la succession des phénomènes. Dans l'ordre des quantités (1), le temps permet de sérier les phénomènes, de les mesurer ; dans l'ordre des qualités (2), il permet d'apprécier le contenu temporel des phénomènes le degré de « remplissage » du temps ; dans l'ordre de la *mise en relation des phénomènes* (3) il permet de mettre en évidence un *ordre temporel* : permanence, succession, et simultanéité (associée à une causalité orientée ou réciproque) ; le temps permet enfin de qualifier les phénomènes par rapport aux catégories associées à l'ordre de la modalité (4) : possibilité, réalité, nécessité. Enfin, le temps participe au système des principes qui conditionnent l'expérience sensible (axiomes de l'intuition, anticipations de la perception, analogies de l'expérience et postulats de la pensée empirique). En résumé, chez Kant la connaissance des phénomènes réels se réduirait à une « rapsodie de sensations » si elle n'était structurée par des « formes » *a priori* projetées par l'esprit, comme le temps. Ce dernier joue ainsi un rôle de « metteur en scène de nos représentations » (Schopenhauer).

Suivant Chenet (2000) il nous faut reconnaître l'insuffisance de ces deux approches du temps. Indépendamment des critiques qui ont été adressées à l'a-priorisme, l'idéalisme kantien méconnaît le *caractère « englobant » du temps*, qui ne se limite pas à être une émanation « ni pensée ni pensable » de notre conscience, mais qui domine notre être aussi bien que la succession des états du monde dans des processus irréversibles, de telle manière que son flux ne s'interrompt pas avec l'extinction de la conscience qui survient inévitablement dans l'existence de tout être humain. La méconnaissance de cette

extériorité commence avec une insuffisante prise en compte du principal vecteur de la prise de conscience de cette finitude de l'être : le caractère interactif, social et finalement « culturel » de la conscience et de la conscience du temps. Le réalisme, lui « méconnaît que nous ne pourrions rien dire du temps sans l'intériorisation qu'il subit dans la conscience » (op. cit. p.23). Ici encore, en plus de la dimension subjective, les dimensions interactives, sociales et culturelles sont négligées.

1.2. L'expérience du temps et la socialisation (temps vécu et temps social)

Dans toutes les sociétés du monde, l'expérience du temps est au moins indissociable de l'expérience de la mort, comme nous le verrons plus loin avec Heidegger. Mais au-delà de cette phénoménologie existentialiste, cette expérience est aussi, et peut être avant tout, une *expérience collective*. En l'absence de la prise en compte de l'autre (dimensions interactives et sociales) on se trouve en présence d'un « non événement » puisqu'une position *solipsiste* conduirait logiquement à l'aphorisme de Wittgenstein, ou la mort est une forme de fin du temps, au sens où la conscience ne perçoit pas (plus) de changement dans le monde : ... « à la mort, le monde ne change pas, mais cesse » (Tractatus, 6.4311). Ainsi, la conscience du temps associée à la mort concerne la mort des autres, et l'anticipation à travers les autres de sa propre mort puisqu'on ne vit pas (les effets de) cette dernière.

Avec l'expérience vécue du temps physiologique, de l'irrévocabilité du passé et de l'imprévisibilité de l'avenir, le sujet humain expérimente un double mouvement « d'arrachement à soi » et de dilution dans le collectif. Le premier mouvement consiste « dans la scission, la distance par laquelle chaque nouveau présent, en survenant, éloigne de lui-même le présent récent, lequel, en retour, s'enfonce dans le passé, tout en restant retenu par le présent nouveau, qui s'en distingue » (Chenet, 2000, p. 9). Le second mouvement résulte du *processus interpersonnel de diffusion « culturelle » des idées et des expériences au sein de la communauté*, processus organisé en particulier par le rôle que peuvent jouer les individus dans la communauté en fonction de leur âge et de la conscience qu'il en ont.

Ce processus passe par la transmission intergénérationnelle de la culture qui assure, avec la reproduction biologique du groupe et de l'espèce, la reproduction de la culture dont il est porteur. Ici encore, des représentations extrêmes de ce processus collectif ont été proposées. Pour l'idéalisme absolu de Hegel, l'individu est finalement dissout dans « l'esprit absolu ». A l'autre extrémité, pour un naturaliste évolutionniste comme Dawkins (1976), l'homme est dissout dans les gènes dont il est porteur. Mais cet auteur propose également un support pour l'analyse de la diffusion culturelle, avec les « mêmes », dont le principe a été repris par « *journal of memetics* ». Finalement, pour Sperber (1996), les idées se diffusent à un niveau infra-individuel. Une telle démarche impose, nous dit-il, de prendre en compte les comportements involontaires aussi bien que les comportements volontaires. En effet, « on tient pour acquis aujourd'hui, en psychologie cognitive, que les processus mentaux sont pour la plupart inconscients » (Sperber, 1997, p. 123). Ce dernier prend l'exemple de la *linguistique historique* qui utilise comme unité d'analyse infra-

individuelle les *actes de paroles*, ce qui lui permet d'intégrer dans les comportements verbaux qui causent l'évolution des langues des actes involontaires.

« aussi volontaire que soit une action, elle comporte toujours des aspects involontaires dont les effets causaux ne sont pas a priori moindres que ceux des aspects volontaires (..) L'évolution d'une langue est donc l'effet involontaire des aspects intentionnels aussi bien qu'inintentionnels de cette action intentionnelle par excellence qu'est la parole ». (op.cit. p.130).

Selon Sperber, cette position naturaliste hiérarchisée en niveau n'entraîne pas nécessairement un réductionnisme, à condition de *penser l'articulation entre niveaux* :

« Le naturalisme n'est pas en lui même un réductionnisme. Il ne demande pas que les niveaux supérieurs soient rabattus sur les niveaux inférieurs. Il demande en revanche que des passerelles soient jetées entre les niveaux. Pour qu'il en aille ainsi, il faut décrire chaque niveau d'une manière qui permette de le mettre en rapport avec les niveaux voisins » (Sperber, 1997 p.126).

On peut ainsi penser la dynamique temporelle du vivant selon trois couches interdépendantes superposées. Au niveau de tous les êtres vivants s'exerce la sélection naturelle, que l'on représente comme processus phylogénétique entre les espèces. Pour ceux qui sont capables de communication culturelle, une dimension sociogénétique vient s'ajouter au sein de chaque espèce. Parmi ces derniers, les capacités réflexives du langage ajoutent une dimension ontogénétique, avec le développement humain au long de la vie.

Notons que l'on peut le rapprocher ces niveaux selon la métaphore des différents étages de la « *Tower of Generate-and-Test* » de Dennett (1996). Ce dernier figure à chaque étage de nouvelles capacités qui viennent s'ajouter aux précédentes. Le premier étage est composé des *créatures darwiniennes*, soit l'ensemble des créatures vivantes soumises au processus de sélection naturelle. Une créature uniquement darwinienne est caractérisée par un *phénotype rigide*. Le second étage comprend un sous ensemble des premières, les *créatures skinériennes*, douées d'un *phénotype adaptable*, qui permet un apprentissage par renforcement. Pour ces créatures, la capacité héritée à modifier son comportement par conditionnement progressif constitue une capacité supplémentaire elle-même soumise à la sélection. Au troisième étage on trouve les *créatures popperiennes*, qui sont capables de présélectionner leurs actions sur la base d'une information disponible par héritage ou par acquisition, et au dernier étage on trouve les *créatures grégoriennes*, qui améliorent leurs performances individuelles grâce à des outils, dont ces outils particuliers que sont les « mots ». La *transmission culturelle* concerne ici dans une faible mesure les créatures popperiennes, et dans une large mesure les créatures grégoriennes. La transmission culturelle de l'utilisation des outils n'est pas le propre de l'homme. elle concerne également les primates. Par exemple certains « foyers culturels » de chimpanzés savent utiliser des bâtons pour manger des termites, alors que d'autres ignorent cette possibilité (Dennett op. cit. p.133-134). L'activité langagière, qui utilisent ces « outils particuliers que sont les mots » ne concerne donc qu'un sous ensemble des créatures grégoriennes.

On peut considérer ces catégorisations comme la projection subjective de structures « historiques » de plus en plus complexes sur des « objets » vivants. La « subjectivité » de la projection de ces structures provient du fait que cette catégorisation n'est pas inhérente à l'objet, *mais relative à l'observateur*, selon le point de vue de Searle (1992, 1995) que l'on développera plus tard. La catégorisation résulte ici de l'*intentionnalité*, qui désigne la *capacité de se représenter des objets et des états du monde*. La dimension « historique » de cette structuration provient d'une conscience particulière que nous avons des différentes temporalités que l'on peut associer à cette structuration grâce à des *références culturelles accumulées* depuis des générations grâce au langage, puis à l'écriture. La notion d'histoire est en effet récente dans la race humaine. La conscience de la relativité du temps présent, désignée sous le nom de « *conscience historique* » dans la philosophie allemande est encore plus récente, comme nous allons le voir. Cette conscience particulière correspond à une nouvelle étape dans la vision du monde, sous ses aspects temporels.

1.3. la dimension culturelle et historique des temporalités et la « conscience historique »

Alors que les approches aristotéliennes et kantiennes du temps visent à une certaine généralité an-historique et omettent les dimensions interactives, sociales et culturelles de la temporalité, nous avons vu que l'expérience du temps était aussi « culturelle » au sens où la conscience de l'opposition entre la permanence et le changement comporte des dimensions interactives, sociales et culturelles. Cette dimension collective de la culture représente une possibilité de dépassement de l'opposition entre le réalisme et l'idéalisme, dans la mesure où elle introduit une nouvelle dimension collective dans la dimension temporelle de la subjectivité : la mémoire « collective » (et l'oubli), le *récit* comme acte de communication, mais aussi comme moyen de « transposition temporelle », la conscience de l'historicité des sociétés. Le *langage* et la *conscience historique* représentent deux éléments de cette dimension « culturelle ».

Nous désignerons par « *historicité* » une double perspective. La première conduit à la prise de conscience par le sujet de la singularité de sa situation présente dans son environnement, ainsi que de son caractère relatif. Nous qualifierons cette perspective, avec Gadamer (1963) de « conscience historique ». La seconde perspective se réfère à la prise de conscience des changements qui accompagnent le processus temporel par lequel « *le présent devient le passé* ». Dans cette dimension, l'environnement aussi bien que le sujet sont soumis au processus de changement qui sélectionne parmi les futurs possibles un état particulier qui deviendra un passé unique.

Cette dimension « historique » trouve ses racines dans la tradition philosophique germanique, qui va de la période « romantique » à l'herméneutique contemporaine, en passant par la phénoménologie de Husserl et de Heidegger. Nous retiendrons ici une importante distinction de ce dernier auteur, qui structure son ouvrage « Être et temps » (1927). Heidegger propose dans cet ouvrage une hiérarchisation originale des modes de temporalisation et de leur dérivation relative qui va nous ouvrir des perspectives

intéressantes d'un point de vue méthodologique. La perspective de départ est celle de l'*existence*, qui rend compte de l'engagement du sujet dans le monde. Dans la *temporalité fondamentale*, celle du *souci*, la catégorie centrale de Heidegger, le *Dasein* (être-la) est confronté à son futur, et à l'horizon indépassable de ce dernier : la mort. C'est pourquoi il décrit la dimension de l'*être-pour-la-mort*. Une seconde dimension, qui est précisément celle de l'*historicité*, se réfère ici à l'intervalle qui sépare la naissance de la mort, et décrit la dimension de l'*être-en-dette* (au sens de l'héritage de l'histoire). La dernière dimension, celle de l'*intratemporalité* ou *être-dans-le-temps*, confronte le *Dasein* à l'histoire en train de se faire. Elle correspond à une conception « vulgaire » qui, selon Heidegger, a caractérisé toutes les philosophies du temps de Aristote à Hegel. Dans cette dimension opératoire, le temps est ramené à une suite de moments.

Chez Gadamer (1960, 1963) la « conscience historique » désigne un sentiment récent de relativisme historique chez l'homme moderne : « nous entendons par « conscience historique » le privilège de l'homme moderne : celui d'avoir pleinement conscience de l'historicité de tout présent et de la relativité de toutes les opinions » (1963 p.23). La temporalité de l'historicité au sens de Gadamer est plutôt celle de la culture reçue, désignée comme « tradition ». L'horizon temporel correspondant est plus ici celui de la génération (une décennie dans la période récente, selon Salanskis, (2003). On ne cherchera pas à trancher ici entre l'horizon de Heidegger et celui de Gadamer, mais on retiendra le principe de l'articulation entre deux niveaux cognitifs de temporalité. Au premier niveau, figure le temps opératoire, et le processus cognitif associé pourrait, par exemple, être décrit selon la procédure suggérée par Dessalles, Ghadakpour dans leur contribution sur « La construction cognitive du temps » (cette session de Rochebrune). Un second niveau cognitif resterait donc à construire, pour rendre compte à la fois de la structure de la « dette » constituée par la « mémoire sociale accumulée » et de la relativité « historique » des événements du niveau inférieur.

L'historicité que traduit l'émergence de cette « conscience historique » représente une nouvelle dimension « culturelle » du temps dans les consciences humaines. L'idée en a été avancée par de nombreux auteurs qui ont opposé les sociétés « sans histoires » aux sociétés modernes⁶. Selon Chenet (2000) les sociétés historiques sont « prométhéennes », car elles « enveloppent dans leur sein un déséquilibre qui les vouent, de par leur dynamique sociale, à se transformer sur un mode cumulatif au point qu'elles intériorisent l'histoire pour en faire le moteur de leur développement » (op.cit.ch5).

Pour en revenir à Gadamer, la principale caractéristique de la « conscience historique » est de conduire à une attitude réflexive à l'égard de la « tradition ». Cette démarche réflexive vis à vis de la « tradition » est qualifiée par Gadamer « d'interprétation » : « Nous parlons d'interprétation lorsque la signification d'un texte ne se comprend pas d'emblée. une

⁶ Cf. par exemple l'opposition de Levi Strauss (1958) entre les *sociétés froides*, caractérisées par des dynamiques de reproduction « mécaniques et réversibles » et les *société chaudes* gouvernées par les principes d'une thermodynamique sociale, avec des dynamiques caractérisées par la production d'entropie et d'irréversibilités

interprétation est alors nécessaire ; en d'autres termes, il faut une réflexion explicite sur les conditions qui font que le texte a telle ou telle signification » (Gadamer 1963, red. 1996 p.25). L'interprétation suit alors, selon Salanskis (2003) un « itinéraire typique de la pensée en situation », qui peut commencer par une question (la « flèche » pour Salanskis), se poursuit par une recherche itérative de la compréhension, au sein du « cercle herméneutique qui repose sur deux piliers qui renvoient l'un à l'autre. Le premier traite des significations locales, « l'élucidation du particulier », mais présuppose que ces dernières soient éclairées par une compréhension globale du « tout ». Le second traite de la construction d'une signification globale (« l'ébauche du tout »), mais cela présuppose un assemblage de significations locales pré-établies. Ce processus circulaire doit être amorcé par des « pré-jugés », qui se fondent chez Gadamer, sur la « tradition ». Mais loin d'être un donné, cette *tradition est un processus*, que l'interprète enrichit par son expérience, au cours du « dialogue » que représente l'itinéraire herméneutique. Ce dernier se termine enfin par la communication (par la « parole ») des résultats du processus.

On oppose généralement la tradition analytique anglo-saxonne et la tradition continentale phénoménologique – herméneutique. La première serait plus compatible avec la formalisation que la seconde, jugée plus discursive. Salanskis, (2003) a exploré quelques pistes de formalisation de l'interprétation et a évalué leur degré de compatibilité avec les principes de l'herméneutique. Dans la section suivante, on suggère que les notions de structures génératives et d'émergence pourraient ouvrir des pistes possibles pour la formalisation d'une certaine forme « d'historicité ».

2 - Pour une modélisation « historique » des sociétés artificielles d'agents cognitifs: concevoir et formaliser l'émergence comme processus historique, interactif, génétique et cognitif

Selon Bonabeau, (1994), la construction de *systèmes artificiels fondés sur des agents autonomes* permet d'abstraire des différents systèmes naturels des propriétés formelles analogues. Cette approche repose sur l'identification des propriétés dynamiques (comme par exemple l'existence d'attracteurs) liées aux interactions entre les agents (éléments du système) et aux effets de ces interactions sur les agents eux-mêmes et sur le collectif qu'ils forment (phénomènes et structures émergentes). Il s'agit donc d'une approche qui peut être située à un niveau élevé d'abstraction. Jusqu'à quel point les propriétés de tels modèles abstraits, conçus indépendamment des contingences matérielles associées aux systèmes réels, peuvent-ils être compatibles avec une spécification progressive des caractéristiques humaines (comme les choix basés sur des représentations épistémiques de l'environnement) et historiques du système (structures sociales et institutionnelles) ? Cette question peut être déclinée selon trois axes. Une question d'implémentation sur *les limites du modélisable* (1), renvoie elle même à des questions plus profondes sur *l'articulation entre la démarche universaliste du modélisateur et la démarche interprétative appliquée aux situations spécifiques des individus et des phénomènes sociaux et historiques* (2). Enfin, dans le domaine de la modélisation de ce qui est implémentable, se pose au niveau des propriétés des modèles la question de savoir *dans quelle mesure l'enrichissement*

contextuel reste compatible avec des résultats génériques correspondant à des niveaux d'abstraction plus élevés (3).

Dans la modélisation du « *temps des structures sociales* », la question de « l'émergence » apparaît centrale ; mais cette notion reste dans une certaine mesure polysémique. Comme c'est bien le *temps* et non l'*émergence* qui est l'objet notre propos, nous voudrions juste souligner ici quelques points qui pourront servir pour la suite de l'argumentation. On trouve des discussions plus générales par exemple dans Amy *et alii* (1992) ou encore Intellica (1997-2). Nous reprenons pour commencer trois thèmes introduits par Müller (2000). Les deux premier thèmes sont d'ordre philosophiques. Il s'agit de l'émergentisme philosophique britannique, puis de l'émergence au sens de Searle (1992). Nous discutons particulièrement des implications des thèses de Searle sur la nature de la conscience et des conséquences de son approche sur les limites de la modélisation informatique et sur la « conscience du temps ». On présente ensuite une définition de l'émergence pour les systèmes multi-agents proposée par Müller qui donne un *rôle central à l'observation du phénomène*, puis nous approfondissons la question du rôle de l'observation en discutant de la *détection* des phénomènes émergents (Bonabeau et Dessalles, 1992). Finalement, on discute dans une dernière section avec Ducret et Schachner (1992a,b) de la portée et des limites de la formalisation et de la représentation des structures génératives, selon un point de vue inspiré de la démarche génétique-constructiviste de Piaget, qu'il s'agissent de la *psychologie et de l'épistémologie génétique* (1937, 1968, 1979), qui intègre en particulier la formation de la notion de temps chez l'enfant (1973).

2.1. L'émergentisme philosophique britannique, le réductionnisme, le « dualisme naturaliste » de Searle et ses conséquences temporelles.

Il existe en philosophie une approche « britannique » l'émergentisme que l'on fait en général remonter au chapitre de Mills (1843) sur la « composition des causes » et que l'on trouve en particulier chez Morgan (1923) ou Broad (1923). On trouvera par exemple dans Mc Laughlin (1997) une présentation de ces auteurs ainsi qu'une discussion des contributions plus récentes, comme celle de Nagel (1961). La principale question soulevée est ici celle du réductionnisme. Selon ces approches, on peut organiser les sciences en niveaux articulés entre eux, de complexité organisationnelle croissante, le niveau physique étant le niveau primaire. Toute la question est alors de savoir s'il est possible d'*expliquer* les phénomènes et les entités observés à un niveau par des relations causales identifiées au niveau immédiatement inférieur. On qualifiera d'*émergent* un phénomène ou une entité qui trouve son origine au niveau antérieur. Si une entité émergente à partir d'un niveau d'organisation (N) possède au niveau supérieur (N+1) des propriétés ontologiques qui empêchent la réduction à des entités du niveau précédent (N), alors il y a *émergence ontologique*, et on ne peut réduire ontologiquement le niveau (N+1) au niveau inférieur (N). Searle (1995) distingue cette réduction ontologique de la réduction causale : l'émergence ontologique peut selon lui être expliquée dans l'ordre des causes par des interactions entre des entités du niveau inférieur, sans qu'il soit possible pratiquement de déduire les propriétés des entités émergentes de ce système. Enfin, Il y a uniquement

émergence épistémique, lorsque l'on utilise juste les entités de niveau (N+1) dans le processus de connaissance par commodité, mais où elles pourraient être ontologiquement réduites à une combinaison explicable d'entité du niveau inférieur.

Par exemple, en matière de philosophie de l'esprit, on oppose classiquement le dualisme cartésien du corps et de l'esprit et les théories matérialistes (ou naturalistes). Selon cette dernière approche, la conscience émane du corps humain lequel est composé d'entités biologiques, elles-mêmes composées de corps chimiques etc... Dans une perspective réductionniste, on peut réduire le biologique au chimique, le chimique au physique. Une version extrême, le *réductionnisme l'éliminationniste* (Churchland, 1981), réduit la conscience aux états mentaux, lesquels sont réductibles à leurs composants biologiques etc... *Selon ce point de vue, il n'y a plus d'esprit, ce qui implique également une conception particulière du temps*, comme on le verra plus loin.

La philosophie de Searle, que l'on expose plus loin, considère au contraire que le naturalisme n'implique pas nécessairement une telle élimination de la conscience, en effet, selon lui : « il n'y a pas à naturaliser la conscience, car elle est naturelle au même titre que la digestion ou la photosynthèse » (Searle, 2000). La conception de la conscience et de l'intentionnalité comme des *structures ontologiquement émergentes* des micro structures du cerveau de niveau moins élevé, permet à Searle de proposer une perspective non-réductionniste de la conscience tout en gardant un point de vue naturaliste. Dans Searle (1992) la distinction ontologique fondatrice de la conscience n'est plus entre l'esprit et la matière, comme chez Descartes, mais entre les entités (ou les objets) qui existent *indépendamment d'un observateur* et ceux qui sont *relatifs à l'interprétation de l'observateur*. Si l'on retient cette ontologie, on peut en tirer deux conséquences. Premièrement, on peut définir la « *conscience historique* » chère à l'approche continentale de la tradition herméneutique comme une *interprétation de l'observateur* (ou plus exactement une interprétation partagée d'une certaine manière par les observateurs) *relative à la temporalité* (au sens retenu ici) *de son environnement*, donnant ainsi au « temps » une *dimension intrinsèquement subjective*.

Mais dans quelle mesure est-il alors possible de modéliser cette forme de « temps » dans un modèle multi-agents ? La seconde conséquence de la position de Searle implique dans l'analyse des phénomènes sociaux et humains la séparation d'un niveau interprétatif et d'un niveau symbolique à base matérielle. Elle pose le problème de la possibilité même d'une intelligence artificielle, développé par Searle autour de son argument de la « chambre chinoise » avancé lors d'un séminaire à Yale en 1971 (par ex Searle 1992, 2000). Selon cet argument, qui a comme objectif de montrer que le cerveau ne peut être assimilé à un ordinateur, manipuler des symboles n'implique pas la capacité à leur donner une signification. Ainsi un programme informatique ne fait sens que si un observateur lui a assigné une interprétation. Ce niveau interprétatif est central également dans la notion d'émergence.

Selon Searle, *l'émergence causale* concerne des caractéristiques d'un système « qui ne peuvent se concevoir à partir de la seule composition des éléments et des seules relations environnementales ; il faut les expliquer en terme des interactions causales qui se produisent entre les éléments » (Searle, 1992 édition fr. 1995, p. 160). Searle se sert de

cette définition de l'émergence pour caractériser la conscience comme une « caractéristique causalement émergente » du système neuronal : « l'existence de la conscience peut s'expliquer par les interactions causales entre des éléments du cerveau au micro niveau, mais la conscience ne peut, elle même, se déduire ou se calculer à partir de la simple structure physique des neurones sans autre explication des relations causales existant entre eux » (id.). Searle distingue, comme nous l'avons déjà signalé, réduction causale et réduction ontologique. Dans le cas de la conscience, la « subjectivité » de la conscience « à la première personne » par exemple la conscience « proustienne » de *l'irréversibilité du temps qui passe* représente « quelque chose de plus » que la description « à la troisième personne » des processus neurophysiologiques qui sous-tendent l'état correspondant. En maintenant cependant la réduction causale, Searle se défend de considérer l'émergence comme un phénomène transcendant, à l'image d'une partie de l'émergentisme britannique. La *conscience du temps*, par exemple, est bien un phénomène émergent causée par les interactions neuronales. Elle est donc réductible à cette dimension du point de vue causal, mais elle contient une dimension subjective non réductible ontologiquement.

2.2. L'émergence comme phénomène observé dans un système à plusieurs niveaux

Pour définir l'émergence dans les SMA, Müller (2000) propose de partir d'une définition utilisée par Forrest (1990) pour le calcul émergent. Celle-ci distingue *deux niveaux*. Le niveau du *processus* et celui de *l'observation de ce processus*. Le *processus* désigne l'évolution du système observé, formé par des entités en interactions, qui *engendre des épiphénomènes* (une trace d'exécution, qui peut correspondre à une structure invariante, un attracteur de la dynamique du processus). Au niveau de l'observation, un épiphénomène est « interprété » en tant qu'émergence comme un calcul ou le résultat d'un calcul. Selon cette perspective, l'émergence intervient alors si l'identification de l'épiphénomène par le niveau d'observation entraîne une rétroaction sur le processus. Ainsi, l'épiphénomène est bien immanent au processus, mais *l'émergence nécessite un couplage du processus avec le niveau d'observation du processus*. Sur cette base, Müller propose alors la définition suivante : un phénomène est émergent si :

- Il y a un système constitué par ensemble d'agents interagissant entre eux et avec leur environnement dont la *description en tant que processus* est exprimée dans un langage *D*
- La dynamique de cet ensemble produit un *phénomène structurel global observable* dans des « trace d'exécution »
- *Le phénomène global est observé* par un observateur extérieur (émergence faible) ou par les agents eux-mêmes (émergence forte) et *décrit dans un langage distinct de D*.

Par rapport à la définition de Forrest (1990), on notera l'existence deux langages de description distincts selon le niveau considéré. Cette distinction ne fait cependant que matérialiser la différence de niveaux déjà présente chez Forrest. Par contre, il est intéressant de noter que Müller distingue le système formé par les agents en interactions

dans leur environnement de la description en tant que processus de ce système, ce qui lui permet de choisir le positionnement du niveau d'observation par rapport aux agents. L'apport de Muller réside alors principalement dans la distinction entre deux catégories d'émergence selon *la position du niveau d'observation par rapport au processus*. Dans *l'émergence forte*, les agents sont partie prenante du processus tout en observant ce dernier, ce qui entraîne *de facto* une rétroaction du niveau d'observation sur le niveau du processus. L'émergence est immanente au système. Dans *l'émergence faible*, l'observateur est extérieur au processus et il n'y a pas nécessairement couplage. Müller prend l'exemple des fourmis qui se déplacent entre leur nid et une source de nourriture. Chaque fourmi dépose sur son passage des traces de phéromones qui attirent les autres fourmis, ce qui créent une interaction entre elles (1). Ces interactions font apparaître un phénomène stable et observable (2). Un observateur extérieur peut interpréter ce phénomène comme un « chemin ». L'émergence est faible dans la mesure où la dynamique dépend uniquement des traces de phéromones (1-2) et non de la qualification de ces traces comme « chemin », qui n'existe pas dans la tête des fourmis.

On peut réinterpréter la construction de Müller à partir de la distinction de Searle entre ce qui est *indépendant de l'observateur* (le processus et les phénomènes qui en résultent) et ce qui est *relatif à l'observateur* (l'émergence comme identification et interprétation de l'épiphénomène). Selon cette interprétation, *l'émergence devient une catégorie relative à un observateur*, et donc le produit d'une conscience. En effet, selon Searle, seule une conscience peut faire preuve d'intentionnalité. L'émergence forte selon Müller suppose que les agents soient dotés de la capacité d'identifier un phénomène du processus et de le décrire dans un langage autre que celui qui sert à décrire le processus. Comme le souligne Müller, ceci suppose d'abord que chaque agent soit doté d'une capacité d'observation et que son champ d'observation soit suffisamment large pour identifier le phénomène dans sa globalité. Mais que signifie « identifier » et « décrire » ? Si l'on retient les catégories de Searle, seule la conscience est capable de faire preuve d'intentionnalité et l'ordinateur et ses programmes ne pourraient le faire, selon l'argument de la « chambre chinoise ». C'est donc bien cette dernière propriété qui est problématique. En effet, toute la question est alors : peut-on doter un agent (logiciel) d'une intentionnalité si celle-ci est un phénomène émergent non réductible ontologiquement ? Cette dernière question pourrait-elle être résolue en distinguant, à la différence de Searle, des « degrés » dans l'intentionnalité ? En effet pour Dennett (1996), l'intentionnalité, entendue comme capacité du sujet d'affecter une représentation à un objet est un phénomène présent chez de nombreuses espèces vivantes. Cependant, selon Proust (2003), même si un animal a une conscience implicite de lui-même, « il ne semble pas » qu'il soit doté d'une « conscience explicite de soi » (op. cit. p. 147) ; et même s'il peut manipuler efficacement les autres, il ne raisonnerait pas en terme explicitement psychologique. En d'autres termes, les animaux ne disposeraient pas de la capacité de réflexivité qui permet au sujet de se prendre lui même comme objet (« je pense donc je suis »). Ceci plaide pour des « niveaux » dans la portée de l'intentionnalité et dans les formes de « conscience ». d'autres arguments qui seront évoqués plus loin, comme celui du langage semblent jouer

dans ce sens. Ceci nous fournit une piste, mais nous sommes loin d'avoir résolu le problème.

Bonabeau et Dessalles (1997) proposent un approfondissement du rôle du niveau d'observation dans la définition de l'émergence qui peut nous aider à avancer en identifiant plus clairement les rapports entre l'émergence et la complexité, d'une part, et en spécifiant une formalisation du niveau d'observation d'autre part.. Bonabeau et Dessalles distinguent d'abord *l'émergence de structures d'un niveau plus élevé* (Emergence of Higher-level Structure - EHS) et *l'émergence relative à un modèle* (ERM). La première catégorie est décomposée en deux sous- catégories, selon que la structure apparaît sous l'effet de la dynamique du système (EHS-1) ou qu'elle préexiste dans le système, mais n'est pas perceptible avec les informations à la disposition de l'observateur (EHS-2) Les auteurs citent par exemple la structure fractale des rues d'une ville qui n'est visible que vue d'avion. Ces deux notions ne sont pas exclusives l'une de l'autre, et l'on peut remarquer, dans le cas des structures produites par une dynamique temporelle, qu'elles peuvent passer inaperçues si on ne se trouve pas à un niveau pertinent d'observation (ou ce qui revient au même si on ne dispose pas d'une information suffisante). Dans ces deux sous-catégories, la notion du niveau d'observation reste donc centrale.

L'émergence relative à un modèle (ERM) survient lorsque l'évolution d'un système ne peut plus être expliquée par un certain modèle et requiert donc un nouveau modèle. Ici encore se pose la question de l'observateur, mais du point de vue des moyens d'observation (les modèles). En ramenant la question de l'observation à une question de détection multi-niveaux, les auteurs sont à même de ramener le cas ERM à un cas particulier d'ESH. Mais la distinction entre ces deux situations leur permet d'exprimer le problème de l'émergence en terme de complexité relative (à un outil d'observation). Dans ce cadre d'analyse « l'émergence peut alors être définie par rapport aux mêmes outils que ceux utilisés pour définir la complexité du système. Elle survient quand un objet ou un phénomène ne peut être détecté ou compris sans ajouter d'outils additionnels » (op. cit. p.89). dans la mesure où cette transformation permet une description plus concise du système, l'émergence peut être associée à une diminution de la complexité relative. Pour détecter les phénomènes émergent, Bonabeau et Dessalles proposent de construire une hiérarchie de détecteurs binaires interconnectés entre eux. La complexité relative du système va alors dépendre de la hiérarchie des détecteurs et de leur réseau de relation. Dans le cas EHS, l'activation d'un détecteur à un niveau N rend redondant les détecteurs de niveau N-1, ce qui est cohérent avec la relation inverse entre complexité et émergence évoquée précédemment. Dans le cas ERM, l'émergence conduit encore à une diminution de la complexité relative, mais elle est précédée d'une croissance temporaire de la complexité, car si les outils d'observation deviennent inopérants au niveau concerné, et il faut descendre d'un niveau dans le système, ce qui accroît la complexité, mais l'introduction d'un nouveau modèle permet de remonter d'un niveau et tend à ramener la complexité en-dessous de son niveau de départ. Dans cette approche, les niveaux d'observation sont structurés de l'extérieur du système considéré par la hiérarchie des détecteurs, et les relations entre complexité relative et émergence sont structurées

également par cette hiérarchie du système d'observation. Il reste que ce cadre suppose que le système d'observation est totalement extérieur, ce qui correspond au cas de l'émergence « faible » selon Müller. Aller vers l'émergence « forte » suppose donc d'endogénéiser le système d'observation, par exemple au moyen d'un modèle plus large susceptible d'identifier et de qualifier dynamiquement un certain nombre de phénomènes émergents prédéfinis au moins de manière générique. Ce problème présente des similitudes avec celui des processus génératifs qui permettent d'enchaîner les structures dans le structuralisme génétique de Piaget (1968).

2.3. - Agents cognitifs et représentations formelles des structures et processus génératifs.

Dans le séminaire organisé à l'ENST en 1992 sur les phénomènes « d'émergence dans les modèles de la cognition », Ducret, Schachner (1992a) soulignaient que le terme « émergence » ne fait pas partie du vocabulaire de Piaget, mais que son approche « constructiviste » de l'ontogenèse par l'épistémologie génétique pouvait aider à clarifier la nature de certains phénomènes émergents dans le domaine des faits psychologiques. Rappelons que l'épistémologie génétique cherche à répondre par un double perspective psychogénétique et historico-épistémique au problème de la formation de l'intelligence et de la connaissance. Cette approche cherche à la fois à rendre compte des éléments de permanence et des spécificités de catégories cognitives comme le « temps » qui nous intéresse ici. Elle intègre donc une dimension d'historicité, ou de relativisme par rapport au niveau de développement, d'un part, et par rapport aux éléments contextuels, de type culturels et sociaux d'autre part (Piaget, 1973 par ex pour « Le Développement de la notion de temps chez l'enfant »). Le *structuralisme génétique* de Piaget (1968) décrit l'ontogenèse comme une succession de formes structurelles qui se distinguent qualitativement les une des autres tout en s'enchaînant entre elles dans une dialectique entre la rupture et la continuité :

« une structure est un système de transformations⁷, qui comporte des lois en tant que système (par opposition aux propriétés des éléments) et qui se conserve et s'enrichit par le jeu même de ses transformations, sans que celles-ci aboutissent en dehors de ses frontières ou fassent appel à des éléments extérieurs. (..) Une structure comprend ainsi les trois caractères de totalité, de transformation et d'autorégulation » (1968, p.6 -7).

La définition proposée par Piaget comprend ainsi les idées d'*autonomie* et de *fermeture* (totalité) ; mais aussi une dimension dynamique (le *système de transformations*) *Le niveau de la structure possède des propriétés (lois) qui lui sont propres et qui peuvent donc être étudiées indépendamment des conditions de leur émergence.* En ce qui concerne la

⁷ Un système de transformations est un « ensemble constitué d'éléments individualisés qui, par suite des interactions intervenant entre eux, ou des actions extérieures qui leur sont imposées, voient se modifier au cours du temps certaines au moins des caractéristiques fonctionnelles qui les définissent dans l'ensemble considéré. » (Delattre, 1977).

morphogenèse, elle peut être vue comme une *transition structurelle*. Il est important de noter que « *la connaissance de deux structures (de départ et d'arrivée) est nécessaire à la compréhension de la transition en tant que transformation* ». On ne peut donc prédire avec certitude l'*issue* d'un processus de transition structurelle, mais on peut toujours faire de la *rétrodiction*. La connaissance des propriétés génériques de la structure peuvent cependant permettre de faire des *prédictions génériques*, par exemple à partir de l'identification d'attracteurs, comme dans les processus physiques.

La morphogenèse peut également être interprétée comme un processus d'auto-organisation, en particulier dans le cas de la psychogenèse. Elle est le résultat d'un *processus d'équilibration*. Ce processus est plus que la simple « *association* » des comportements. La morphogenèse résulte alors de l'*assimilation* dans le système par la genèse de nouvelles structures. Ce processus réalise la synthèse entre la permanence des normes morales et/ou rationnelles (le continu) et le renouvellement des structures cognitives (le discontinu) comme le soulignent Ducret, Schachner (1992a). « Il y a émergence de nouvelles compétences, de nouvelles structures de pensées, par regroupement et intégration de compétences déjà acquises. A partir de ces nouvelles structures émergentes, l'individu est amené à modifier ses comportements et ses méthodes de résolution de problèmes » (Amy, Giacommetti, Orsier « modélisation de l'émergence dans les sciences cognitives, compte rendu des journées, p.237. in Amy et al., 1992) .

Cette dialectique entre rupture et continuité permet de faire un parallèle entre la psychogenèse et la phylogenèse, entre structuration cognitive et émergence d'espèces nouvelles. Mais peut-on transposer ces catégories au niveau des dynamiques sociales ? La connaissance des propriétés structurelles et la dimension singulière de celles-ci relativement aux composantes de la structure n'excluent logiquement pas un comportement intentionnel de la part des éléments. En particulier, pour Lucien Goldman (1970), le structuralisme génétique est également un moyen théorique puissant pour dépasser l'opposition explication / compréhension dans les sciences humaines. Cette fécondité provient de la *possibilité théorique d'articuler deux perspectives différentes* :

« Le structuralisme génétique introduit des perspectives entièrement nouvelles dans la mesure où il pense que compréhension et explication ne sont pas seulement des processus intellectuellement connexes mais un seul et même processus rapporté seulement à deux niveaux différents de découpage de l'objet. Les structures constitutives du comportement humain ne sont pas en réalité, pour cette perspective, des données universelles, mais des faits spécifiques nés d'une genèse passée et entraînent de subir des transformations qui ébauchent une évolution future. Or, à chaque niveau du découpage de l'objet le dynamisme interne de la structure est le résultat non seulement de ses propres contradictions internes mais aussi du dynamisme, étroitement lié à ces contradictions internes, d'une structure plus vaste qui l'embrasse et qui tend elle-même à sa propre équilibration. Ce à quoi il faudrait d'ailleurs ajouter que toute équilibration, à quelques niveaux que ce soit ne saurait être que provisoire, dans la mesure même où elle est constituée par un ensemble de comportement humain qui transforment le milieu ambiant et crée par

cela même des conditions nouvelles grâce auxquelles l'ancien équilibre devient contradictoire et insuffisant.

Dans ces perspectives, toute description d'une structure dynamique où (pour employer un terme que Piaget semble préférer aujourd'hui) toute description d'un processus de structuration (qui est d'ailleurs aussi par son côté complémentaire une description d'un processus de déstructuration de structures précédemment existantes) a un caractère compréhensif par rapport à l'objet étudié et un caractère explicatif par rapport aux structures plus limitées qui en sont les éléments constitutifs » (Goldman, 1970, p.21 - souligné par nous).

En ce qui concerne cette possible portée générale du formalisme constructiviste de l'épistémologie génétique, Ducret, Schachner (1992a) mettent en garde contre les « pièges réductionnistes » et soulignent qu'il « convient d'éviter l'emploi de modèles qui ne permettent pas de distinguer le biologique du physique, ainsi que le psychologique du biologique, puis qui ne permettent pas de distinguer des niveaux au sein du psychologique » (op cit. p31). Cette nécessité de *distinguer les niveaux* nous paraît fondamentale pour le projet d'une prise en compte du « temps des structures » dans les méthodes de modélisation et de simulation de sociétés artificielles représentant des agents humains, comme cela a déjà été souligné par ailleurs (Phan, 2003). Une question intéressante consiste alors à se demander quelle est la portée et quelles sont les limitations des principes d'héritage de la modélisation objet dans la volonté de construire une articulation non réductionniste entre niveaux. Un détour par une discussion sur les fondements ontologiques et épistémiques d'une telle modélisation paraît alors un « détour de production » potentiellement fécond, voire nécessaire.

Si le principe d'émergence et les questions épistémiques et ontologiques qui y sont associées apparaissent donc comme des enjeux majeurs pour une modélisation « historique » des sociétés artificielles d'agents cognitifs, les limites qui ont été signalées ne sont pas uniquement imputables aux seuls champs de l'informatique et de l'intelligence artificielle. Des remarques similaires peuvent étre faites sur les constructions théoriques proposées par les praticiens des disciplines « empiriques » des sciences sociales, comme de certains cadres théoriques élaborés par les philosophes.

Ainsi pour Boudon (préface à Simmel, 1923), structures (sociales) et actions s'engendrent mutuellement : « ..si les phénomènes sociaux sont toujours le produit d'actions individuelles, les actions s'inscrivent dans un contexte, lequel a une structure : les structures ne sont compréhensibles qu'à partir des actions et les actions ne sont compréhensibles qu'à partir des structures » (op.cit. p. 11). Si l'on adopte le point de vue du structuralisme génétique, on peut être en accord avec la dernière partie de la proposition : la connaissance des structures est nécessaire pour comprendre les actions. Mais alors, la connaissance des actions n'est plus ni nécessaire ni suffisante pour comprendre la logique des structures dans leur fonctionnement « normal ». Par contre, la connaissance de ces actions sera nécessaire à la compréhension de la genèse des structures, mais cette seule connaissance reste insuffisante, contrairement à ce que soutient

Boudon. On aura, de plus, besoin de connaître les structures d'interaction et la trajectoire spécifique d'évolution.

Pour éclairer l'ensemble de ces questions, nous devons donc reconstruire un questionnement cohérent en partant de la question de l'unicité ou de la pluralité des méthodes en sciences sociales, pour remonter, après un passage par les fondements ontologiques des faits sociaux, vers un niveau intermédiaire d'abstraction mieux à même de capturer la dimension « temporelle » des structures mentales et sociales, ainsi que de leur genèse, avec une formalisation explicite des apprentissages : c'est l'objet de la section suivante

3 - Sur les structures mentales et constructivisme social : quelle place pour le « temps de l'histoire » ?

Penser la temporalité de structures sociales comme les « faits sociaux » ou les « institutions » est en soi problématique. En effet, bien que ces notions soient centrales dans les sciences sociales, le processus de constitution de ces sciences elles mêmes a souvent évacué la dimension temporelle qui nous intéresse, celle de la *genèse de ces formes*, au profit d'une analyse fonctionnelle ou structurale « non génétique » au sens de Piaget (1968,1979) ou d'une reconstruction rationnelle basée sur des principes différents de ceux qui peuvent être évoqués pour caractériser les processus historiques.

Pour illustrer notre propos, nous nous limiterons ici à discuter quelques contributions significatives, parmi l'abondante littérature sur le sujet. Pour mieux situer la dimension problématique de ces contributions et clarifier un certain nombre de questions, nous les mettrons en perspective avec la contribution du philosophe Searle (1995) qui a proposé une réflexion ontologique sur les « faits sociaux » qui présente l'avantage de pouvoir être articulé également avec les débats sur le réalisme et la philosophie de l'esprit, mais aussi l'inconvénient d'être purement logique et atemporelle. La réintégration de la dimension temporelle sera effectuée par la critique de certaines catégories de Searle par Munck (1999), qui propose de leur substituer des catégories alternatives dotées d'une dimension cognitive et temporelle plus marquée.

3.1. - Les sciences sociales : unité ou pluralité des approches « scientifiques » ?

Pour situer ces débats et bien comprendre les modalités et les enjeux d'une tentative de modélisation de l'historicité dans les sciences de l'homme et de la société, il paraît nécessaire de remonter au débat sur l'autonomie des sciences dites « de l'esprit » par rapport aux sciences « naturelles ». Celui-ci sera symbolisé par l'opposition entre les thèses soutenues par de Stuart Mill dans *A system of Logic* (1843) et les travaux neo-kantiens de Dilthey sur les sciences de l'esprit (Mesure, 1990).

La proposition de Dilthey (1863) de fonder les « *sciences de l'esprit* » sur une distinction *compréhension* / *explication* constitue un dualisme méthodologique, puisque ce dernier n'écarter pas la possibilité d'explication dans les « sciences de l'esprit », tout en considérant la « compréhension » comme le mode d'accès le plus approprié . Mais il y a la

rupture avec l'approche de Mills, qui prône un réductionnisme sophistiqué qui reconnaît une autonomie relative aux sciences de l'esprit, tout en adoptant pour ces dernières une approche causale similaire à celle des sciences de la nature, tout en restant compatible avec les principes de la liberté humaine (Mills, 1843 ; Mesure, 1990),

Cette position va servir de référence à la volonté ultérieure de distinguer clairement les sciences *nomothétiques* de l'homme (qui cherchent à généraliser pour proposer des lois) des sciences *idiographiques* (qui proposent des descriptions historiques). Cette distinction, introduite en 1894 par le néo-kantien Wilhem Windelband⁸ a été reprise par de nombreux auteurs, depuis la philosophie historique (Rickert, 1901) jusqu'à Piaget (1970). Ce dernier oppose les « *sciences historiques de l'homme* » qui correspondent aux disciplines « *dont l'objet est de reconstituer et de comprendre le déroulement de toutes les manifestations de la vie sociale au cours du temps* » (op.cit p.20) aux « *sciences nomothétiques* » les disciplines qui cherchent à dégager des « lois » » (op.cit p.17). Schumpeter (1954) trouve cette « *ligne de partage totalement irréaliste* » car elle oublie « *qu'une grande partie des sciences sociales se trouvent à cheval sur cette ligne de partage* » (op.cit., tome III note 2, p.44).

En conclusion de son ouvrage consacré à la discussion des théories sociologiques du changement social, Boudon (1984), pour sa part, identifie trois conceptions possibles de la connaissance « scientifique » dans le domaine du social. Selon la conception « empiriste-historisciste » représentée par exemple par « l'objectivisme » de Leopold von Ranke (1795-1886) en Allemagne ou par Langlois, Seignobos (1897) en France, l'idéal de la connaissance historique consiste à décrire les évolutions ou changements passés « tels qu'ils se sont effectivement produits » dans leur *irréductible singularité* sans chercher des tendances ou des régularités dans la singularité des phénomènes. Selon cette perspective, la dimension temporelle se réduit à la « relation » (plus que la narration) des faits selon leur enchaînement connu ou « établi » par la « critique historique ». La seconde conception, qualifiée de « *nomologique* » recherche au contraire, comme son nom l'indique des « lois » ou pour le moins des *régularités*, et des relations causales de manière plutôt inductive, à part de l'observation des faits dont elle va chercher à dégager la « structure » sous jacente (régularités structurelles). La troisième approche est qualifiée par Boudon de « formelle » ou « hypothético-déductive » et repose sur la modélisation (mathématique, informatique, conceptuelle).

Cette catégorisation qui peut paraître vieillie. L'horizon conceptuel des sciences de l'homme et de la société se trouve élargi par l'influence des deux traditions philosophiques a priori très éloignées. Il s'agit du « tournant herméneutique » dans les sciences sociales » (Dosse, 1995) d'une part, et de la poussée dans le mouvement des sciences cognitives d'un courant réductionniste / naturaliste héritier en particulier de la philosophie analytique anglo-saxonne d'autre part (Gardner, 1993). On peut dire que la conjonction de l'impossibilité épistémique de réaliser pratiquement le programme

⁸ Cf. note 1 page 2 reproduit in : Windelband Qu'est-ce que la philosophie ? et autres textes, Vrin, 2002 . Sur Dilthey cf. Mesure (1990) et Brogowski (1997).

historiciste et des limitations de l'approche nomologique en histoire⁹ ont conduit de nombreux historiens vers le « tournant herméneutique ». Appliqué aux sciences sociales, cette approche ne peut néanmoins pas faire l'économie d'une réflexion sur les mécanismes cognitifs qui fondent le travail interprétatif. On pourrait conjecturer que les mécanismes cognitifs de l'interprétation interagissent ou ont des dimensions communes, avec ceux qui fondent la spéculation théorique et la modélisation ; ou encore, que les schèmes interprétatifs utilisent au moins implicitement des "représentations" qui ne sont pas vierges de tout raisonnement spéculatif, hypothético-déductif etc... C'est pourquoi on reproche souvent en pratique aux approches interprétatives leur éclectisme, ou la mise en oeuvre de logiques qui ne sont pas nécessairement cohérentes entre elles.

Les économistes balancent entre l'approche nomologique et l'approche hypothético-déductive, avec une nette prédominance de la seconde. D'autres disciplines des sciences de l'homme, comme la psychologie y trouvent moins leur place, tout en développant une approche expérimentale. Elles sont par ailleurs concernées en premier chef par les questions posées les développements récents du naturalisme - réductionniste, d'une part et de l'herméneutique, d'autre part (en lien avec la psychanalyse, cf. Ricoeur 1965).

En sociologie, au contraire, « espace non popperien du raisonnement naturel (Passeron, 1991) l'approche empiriste domine, partagée par entre courant « narratif » et un courant inductif-nomologique, qui tous deux rejettent la modélisation, qualifiée de « réductrice ». La Position de Boudon s'inscrit pourtant en faux par rapport au courant dominant. Dans le paragraphe conclusif de « la place du désordre », celui-ci se réclame clairement d'un pluralisme méthodologique: « pour comprendre le social, en particulier le changement social, il faut, en tout cas il est très utile de passer par la construction de modèles. Mais il importe de ne pas interpréter ces modèles de manière réaliste, de ne pas leur prêter un pouvoir de prévision qu'ils n'ont pas : le réel déborde toujours le rationnel, surtout s'agissant des phénomènes particulièrement complexes que sont les phénomènes sociaux. Car c'est une illusion de croire qu'on puisse accéder à la complexité du réel en tant que tel. C'est pourquoi ces constructions que sont les modèles sont des instruments indispensables de la connaissance. Mais c'est pourquoi ils sont toujours débordés par la réalité » (Boudon, 1984, p.238). Une sociologie du changement social ainsi définie se tiendrait à mi-distance entre une histoire herméneutique et une économie à la fois empirique-nomologique et formaliste, que l'on pourrait associer à une temporalité « vécue » et « culturelle » d'une part ou à une temporalité abstraite et an-historique d'autre part.

Dans le champ de la modélisation multi-agents, la balance semble plutôt pencher vers ce dernier pôle, mais on peut alors observer d'autres oppositions, par exemples entre expérimentation et formalisme, ou entre réalisme et relativisme épistémique, mais si ces positions sont parfois loin d'être claires ni nécessairement cohérentes entre elles.

⁹ malgré une influence significative sous le triple effet des influences baudéliennes, marxistes et structuralistes

L'introduction de la question du « temps » a comme intérêt d'appeler des clarifications, que ce soit au niveau « technique » ou méthodologique, ou encore au niveaux ontologique et épistémique. Une question intéressante qui pourrait être posée serait de *rechercher les éléments de compatibilité et d'incompatibilité entre ces diverses approches a priori fort différentes*. Une telle question pourrait conduire en particulier à préciser le statut épistémique des niveaux d'abstraction utilisés dans les différents point de vue et dans les différentes méthodes utilisées par les chercheurs dans leurs champs disciplinaires respectifs. Cette démarche pourrait alors peut-être permettre de déboucher sur l'identification de *niveaux complémentaires* dans l'approche des phénomènes économiques sociaux qui permettraient d'articuler entre elles des approches que considère généralement comme contradictoire, que ce soit à l'intérieur des modèles multi-agents eux-mêmes (ie : multi-points de vue et/ou multi-niveaux) ou entre ces modèles et les approches complémentaires des phénomènes considérés (herméneutiques, formels etc...).

Ce dualisme méthodologique n'est pas sans rapport avec la position de certains philosophes de la tradition anglo-saxonne, comme Searle ou Putnam professent chacun à sa manière, un naturalisme « modérée » en matière de philosophie de l'esprit, qui se traduit en pratique par une irréductibilité des productions mentales (l'esprit) au processus physiologiques qui les supportent. Cette possibilité d'un « niveau supérieur » irréductible à sa base biologique nous amène à rechercher ce qui est spécifiquement humain au lieu de le décréter, puisque l'éthologie et les recherches récentes nous montrent que les animaux sont doués de conscience, de capacités de représentation et même de moyens de communication sociale (Denett, 1996, Proust, 1997, 2003). Cette question est particulièrement importante de deux points de vue. La réductibilité des processus psychologiques à leur base biologique est au centre de l'opposition entre John Stuart Mill et Wilhelm Dilthey sur la possibilité d'une science « de l'esprit » distincte des sciences naturelles (Mesure, 1990). Si la conscience humaine est irréductible, la modélisation multi-agents de sociétés humaines et la modélisation au niveau des agents de processus cognitifs ou décisionnels qui relèvent de la conscience comme les désirs, les intentions et les intentions¹⁰ est-elle légitime ?

On voit que cette double interrogation renvoie à la fois à des considérations épistémiques et à des considérations ontologiques sur l'esprit, les faits sociaux... La notion de « conscience historique » qui a été convoquée dans le débat relève plus du vocabulaire de la branche herméneutique de la philosophie continentale, dans la lignée de Dilthey, que des prétentions universalistes de la modélisation ou de la tradition analytique anglo-saxonne. Est-il imaginable de concilier ces approches et comment ? Un élément de réponse aux débats évoqués semblerait pouvoir être trouvé dans la *communication interpersonnelle* à la base de la culture et de la transmission des pratiques et des représentations, comme on l'a vu précédemment. En particulier, *l'activité langagière* joue un rôle central dans ces philosophies. On voit par exemple que la question de *l'interprétation*, qui sous-tend le processus communicationnel interpersonnel est au centre à la fois des débats de la

¹⁰ cf. par exemple l'architecture BDI (Belief, Desire, Intentions) in Cohen et Levesque, (1988).

philosophie analytique et de l'herméneutique. Les « jeux de langage » et les « airs de familles » de Wittgenstein sont au cœur de l'argumentation utilisée par Putnam pour justifier son évolution d'un fonctionnalisme réductionniste vers un « réalisme à visage humain ». Vouloir construire cette dimension interpersonnelle suppose une réflexion préalable sur la nature spécifique des « faits sociaux », que l'on se propose de mener en deux étapes, afin de souligner le rôle des processus cognitifs dans la « temporalisation » du social.

3.2. - La construction de la réalité sociale selon Searle (1995) : une tentative d'ontologie du social, principalement logique et atemporelle (non historique).

Searle (1995) se place d'un point de vue « réaliste » et adopte de plus la théorie de la « vérité -correspondance ». On se limitera ici à dire que cela implique que le monde physique existe en dehors de notre conscience, et que le critère de vérité se définit par l'adéquation entre les énoncés et les faits auxquels ils correspondent dans le monde « réel ». Searle soutient cependant que sa théorie reste valide même si on n'adopte pas le principe de la vérité-correspondance (p.253). Par contre, l'existence d'une réalité physique « objective » en dehors de l'observateur (réalisme) est nécessaire à son argumentation.

C'est dans ce cadre qu'il s'interroge sur la possibilité *de faits « institutionnels », socialement construits*, et sur le rôle du langage dans la constitution de ces faits. Pour poser le problème, il distingue entre les faits « bruts » et les faits « sociaux ». Dans son « ontologie fondamentale » l'organisation des particules constitutives de la matière en systèmes physiques et biologiques a produit certains systèmes doués de conscience. En adoptant la démarche de la *philosophie intentionnaliste de l'esprit*, la conscience permet en particulier l'intentionnalité, c'est à dire *la capacité qu'à l'organisme considéré de se représenter des objets et des états du monde*. Comment dans ce cadre rendre compte de l'existence des faits sociaux ? Pour répondre à cette question, Searle commence d'abord par distinguer les *caractéristiques intrinsèques* des éléments du monde (de la réalité) et les *caractéristiques relatives à l'observateur*, qui proviennent toujours de phénomènes mentaux intrinsèques à ce dernier. Searle qualifie les phénomènes mentaux *d'ontologiquement subjectifs*. Il en résulte pour lui que les caractéristiques relatives à l'observateur *héritent* de cette subjectivité ontologique¹¹ (p.27).

La proposition « cet objet est en métal » renvoie à une caractéristique intrinsèque du monde alors que « cet objet est un pièce de monnaie » renvoie à une caractéristique (subjective) relative à l'observateur, mais ces deux propositions sont épistémiquement objectives. Par contre, la proposition « cette pièce est belle » est à la fois ontologiquement et épistémiquement subjective. Il introduit ensuite trois éléments nécessaires : *l'assignation de fonction, l'intentionnalité collective* et les *règles constitutives*. Pour expliquer le fonctionnement causal des structures institutionnelles, il introduit

¹¹ Dans la partie de l'ouvrage auquel on se réfère, la présentation que donne Searle des caractéristiques subjectives ne permet pas de réinterpréter ces derniers comme des *attributs* des états mentaux, ou comme une catégorie particulière de la *classe* des états mentaux, (au sens de la modélisation objet).

ultérieurement un quatrième élément : la notion de « *capacité d'arrière plan* » qui décrit « les capacités dont disposent les hommes pour se débrouiller dans leur environnement ». Il s'agit d'aptitudes et de savoirs pratiques qui correspondraient à des fonctions neuro-physiologiques qui seraient activées pour assurer la mise en œuvre des états mentaux intentionnels.

L'assignation (ou imposition) *de fonction* prend en compte « la remarquable capacité qu'ont les humains et autres animaux d'imposer des fonctions aux objets » et se traduit par une proposition « La fonction de X est Y ». Une fonction ainsi imposée n'est jamais intrinsèque à l'objet considéré mais relative à l'observateur qui l'impose. Si « cet objet est une pièce de monnaie » renvoie à une caractéristique(subjective) relative à l'observateur, la fonction associée à l'état « un pièce de monnaie » est également subjective et relative à l'observateur ; il en est de même pour l'assignation de fonction qui permet à la pièce de monnaie à exister en tant que telle : « la fonction de cet objet est d'être de la monnaie ». La dimension normative associée à l'imposition de fonction ne se traduit pas nécessairement par une dépendance causale absolue. En effet, bien que la fonction assignée à X soit Y, il se peut que X ne parvienne pas toujours à causer Y. L'assignation de fonction peut résulter d'une démarche épistémique relative à des phénomènes naturels, ou à des objets ou entités produites dans ce but. *Searle laisse aussi ouverte la possibilité qu'une entité associée à une fonction puisse se voir imposer une autre fonction.* Par exemple une pièce conçue pour être de la monnaie peut aussi devenir un objet de collection¹². On peut y voir la *possibilité logique* d'introduire des *innovations sociales basées sur des apprentissages à l'usage*. Mais on verra aussi que ce cadre est insuffisant pour penser leur émergence. La dimension subjective de l'assignation de fonction se traduit enfin par l'association d'un ensemble de valeurs avec la fonction considérée, en particulier une fonction théologique. Searle distingue ainsi dans les fonctions assignées les « *fonctions non agentiques* » qui correspondent à « des processus causaux qui apparaissent naturellement et auxquels nous avons assignés une fin » et les fonctions « agentiques » qui « ont trait à l'usage que les agents confèrent aux entités » par exemple : « la fonction de cet objet est d'être de la monnaie » est agentique, alors que la « fonction du cœur est de pomper le sang » ne l'est pas. Searle distingue enfin dans la catégorie des fonctions agentiques, celles dont la fonction « est de *symboliser, représenter, être mis pour, - ou - en général - de signifier* telle ou telle chose ». (p.40).

On notera que si la catégorisation de Searle repose sur un réalisme ontologique, elle ne semble pas exclure un certain relativisme épistémique quand à notre connaissance du monde « qui existe en dehors de notre esprit ». En effet, le propre d'une fonction imposée est de replacer la fonction dans un système subjectif de valeurs propres à l'agent. Si l'on considère une fonction « non agentique » imposée à un objet du monde physique, il n'y a

¹² Il convient ici de demander aux informaticiens quelle pourrait être la forme de l'assignation de fonction dans un langage objet. Si l'on postule qu'une fonction peut être formalisée la présence de « services » spécifiques, il semblerait que quelque chose qui ressemblerait à une implémentation dynamique d'interface pourrait faire l'affaire ?

aucune raison pour que la théorie que nous formons sur la fonction de cet objet relativement à notre système de valeur corresponde à la réalité au sens de la thèse de la « vérité correspondance ».

Le second élément auquel recours Searle est défini comme « *l'intentionnalité collective* ». Pour lui, celle-ci se distingue de l'intentionnalité individuelle et ne peut y être réduite par un jeu (récuratif) de croyances mutuelles à la manière de la théorie des jeux (l'approche des conventions, que nous examinerons plus loin, représente une autre manière de sortir des difficultés du problèmes des croyances croisées) : « le fait de croire que vous croyez que je crois etc...(..) n'ajoute rien au sentiment qu'on peut avoir de la collectivité. Aucun ensemble de consciences en « je », même augmenté en de croyances, ne se monte à une conscience en « nous ». l'élément décisif dans l'intentionnalité collective est le sentiment que l'on a de faire (vouloir, croire etc.) quelque chose ensemble » (p.42). Searle désigne alors les « *faits sociaux* » comme ceux qui impliquent l'intentionnalité collective, et les « *faits institutionnels* » comme une sous catégorie de ces « faits sociaux ».

Les « *règles constitutives* » représentent le troisième pilier de la construction de Searle. Une règle constitutive peut se formuler de la manière suivante : « X est compté comme Y en C ». Ceci signifie que le terme Y assigne une fonction particulière à X en fonction d'un accord collectif, qui est la condition de validité de la règle. Searle considère que le processus qui institue cette règle constitutive peut dans certains cas ne pas être pas conscient, il en est de même selon lui du processus qui gouverne l'évolution ultérieure de l'institution. Il est également possible que les justifications qui sont avancées pour imposer cette fonction ne soient pas fondées, tout cela n'empêche pas la fonction en question d'être collectivement imposée : « tant que les gens continuent de reconnaître que le X a la fonction-statut Y, le fait institutionnel est créé et maintenu. Ils n'ont pas, en plus, à reconnaître que c'est ce qu'ils sont entrain de faire, et ils peuvent entretenir toutes sortes d'autres croyances fausses sur ce qu'ils font et sur les raisons pour lesquels ils le font »(op.cit. p.69). Il y a « également une relation entre imposition collective et langage. Les appellations qui désignent la fonction Y participent également à la dimension constitutive du fait ainsi désigné. Enfin, l'utilisation d'une fonction assignée renforce l'intentionnalité collective qui légitime cette fonction.

En résumé, les faits institutionnels, à la différence des objets physiques, n'existent que par la croyance collective en leur existence. Cette croyance collective ne suppose pas l'existence d'un quelconque « sujet collectif ». Chaque conscience individuelle est porteuse des quatre éléments nécessaires à l'existence du fait institutionnel, qui sont strictement mentaux. Néanmoins, pour fonder cette croyance collective, les faits institutionnels ont encore besoin, selon Searle, du langage, pour cinq raisons. Premièrement le langage est épistémiquement nécessaire pour que l'on puisse *reconnaître* symboliquement la fonction assignée. Deuxièmement, la nature sociale de ces faits nécessite un moyen de *communication publique* tel que le langage. Troisièmement, le langage est selon lui nécessaire en tant que système complexe de représentation *pour représenter* les phénomènes complexes associés à l'assignation de fonction.

Cinquièmement, la pérennité temporelle du fait institutionnel suppose que sa représentation soit indépendante des états mentaux des participants à l'institution.

3.3. - Critique et dépassement du modèle de Searle : la perspective cognitive et temporelle de Munk

La description sommaire que nous avons donnée du cadre conceptuel proposé par Searle suggère que ce dernier pourrait être appliqué simplement à un monde d'agents, puisque la dimension sociale des faits institutionnels peut être ramenée à la conjonction d'états individuels à intentionnalité collective. Mais cette construction purement logique échoue à rendre compte des dimensions *cognitives* et *temporelles* nécessaires pour *les fonder d'un point de vue génératif*. Munk (1999) met ainsi en évidence un certain nombre de questions qui soulignent les limites des catégories retenues. La dimension publique des « faits institutionnels », en particulier des règles constitutives, leur donne une *autonomie relative*, et ces dernières ne sont pas réductibles à la simple conjonction de croyances privées, car elles nécessitent *des formes intersubjectives de validation*, et que ces dernières peuvent *évoluer dans le temps*. En associant faits institutionnels et actes de langage, Searle impose l'existence préalable de *conventions intersubjectives* nécessaires pour donner du sens.

Celles-ci « ne dépendent pas de l'intention du locuteur, mais de l'histoire de la communauté interprétative. Pour que les actes de langage ... voient leur prétention à la validité honorées, des conditions externes de l'intentionnalité subjective doivent être rencontrées, dans *l'a priori linguistique* : il s'agit de la conformité de mes jugements aux jugements d'autrui, conformité qui passe par le médium des interactions sociales (...) Comment la convention *publique* est-elle fixée, comment la référence *publique* est-elle déterminée, comment des locuteurs au savoir *fini* et *différencié* peuvent-ils faire référence aux mêmes significations. Sur tous ces points, Searle reste muet. C'est pourquoi *il importe de développer une autre conception de la règle et de son rapport à l'intention*. (...) la règle n'est pas seulement un instrument au service de la réalisation d'une intention communicationnelle du locuteur. Elle trouve sa racine dans des interactions pragmatiques » (op.cit. p. 118-9, souligné par nous).

On peut également compléter la critique de Munk sur la dimension contextuelle des règles qui permettent au discours de faire sens en se référant aux travaux de Dessalles (1992) sur les contraintes logiques des conversations spontanées. Selon ce dernier, une analyse logique du discours ordinaire est possible, car il possède des règles précises et finalement peu nombreuses qui permettent la modélisation d'une structure dans le contenu des échanges, pour peu que le contexte soit connu. Malheureusement « il n'existe pas actuellement de moyen d'extraire la connaissance contextuelle » (op.cit. p.4), et une l'étude logique est limitée à des conversations « pour lesquelles le contexte est connu sans ambiguïté » (ibid.) Ainsi conçues, les règles de communications sont conditionnelles à un contexte d'interaction et aux référents culturels des parties en conversation. On retrouve une dialectique du même type que celle du « cercle herméneutique » : l'interprétation locale nécessite une connaissance du contexte global, mais les éléments pertinents du contexte

global ne peuvent être identifiés qu'à partir des éléments locaux. Une manière d'en sortir consiste à séparer les règles, qui sont modélisables, mais qui ne peuvent être interprétées que dans un certain contexte, et l'interprétation de ce contexte qui relève de ce qui n'est pas - actuellement formalisable. Ce passage par l'interprétation est incontournable. Nous savons que Searle, comme de nombreux philosophes de la tradition analytique, est un critique de la tradition continentale herméneutique. Celle-ci nous donne cependant une seconde perspective pour rendre compte du processus historique et intersubjectif de la formation du sens. Dans la tradition herméneutique, un texte possède une indépendance relative par rapport aux intentions de son auteur, et ce dernier doit lui-même interpréter sa propre intentionnalité, au même titre qu'un autre lecteur.

Munck souligne également le *logicisme fonctionnel* qui sous-tend l'intention collective selon Searle, qui exclue toute *émergence spontanée ou in-intentionnelle*. Le temps de la genèse est ainsi évacué de la reconstruction rationnelle. Le présupposé logique reconstruit ainsi *a posteriori* un *plan collectif* visant une fonction qui peut très bien ne pas correspondre ni au processus effectif ni aux visées intentionnelles *a priori*. En matière institutionnelle, la logique de la genèse diffère souvent de l'*adaptation* fonctionnelle *a posteriori*. Pour rendre compte de la temporalité des structures, c'est ce *processus adaptatif* que l'on doit modéliser. Dans ce but, Munck introduit successivement les théories de *l'action située* et la notion procédurale de *dispositif cognitif collectif*. Le premier point de vue permet de percevoir les faits sociaux comme *des phénomènes émergents des interactions*. L'interaction est un processus temporel et dépendant du contexte, qui ne nécessite pas la conjonction d'intentionnalité pour imposer collectivement une fonction. Selon le point de vue de l'action située, la *fonction émergerait plutôt dans un processus collectif d'apprentissage*, dans lequel le rôle central se déplacerait de la conscience du sujet vers son mode contingent d'insertion dans les interactions. La détermination de la fonction institutionnelle résulterait alors plus de la « mise en conscience » des pratiques institutionnelles que d'une hypothétique assignation préalable de fonction. On pourrait alors substituer aux trois « building blocks » de Searle les trois axes de la *schématisation*, de *l'interaction* et de la *situation* (Munck p.131). Cette substitution soulève de nouvelles questions qui conduisent à de nouveaux dépassement. Là où la théorie de Searle présente les faits institutionnels comme des instruments au service d'une intention préalable, les théories de l'action située en font des produits contingents de l'interaction et de la situation qui les expose aux dilemmes du relativisme radical. On substitue à l'a-temporalité un excès de contextualité, et donc, dans une perspective plus large, d'historicité.

Pour Munck, le juste milieu doit être recherché dans la notion de *dispositif cognitif collectif*, proposé par Favereau. « L'institution n'est pas alors un ensemble de règles ou de fonctions, mais un ensemble de schémas normatifs permettant à la fois des mises -en-situation et des mises -en- discours des interactions pratiques entre les personnes et avec le monde » (op.cit. p.137). Selon cette perspective, la *règle* n'est pas un simple déterminant de l'action, comme chez Searle, mais un « *pattern* » (modèle) *conditionnant les interactions sociales*. Ce modèle permet une *interprétation souple, procédurale des*

normes, qui favorise les interactions en situation, tout en les replaçant dans un *dispositif procédural* qui encadre les apprentissages par exemple en *définissant des rôles et des limites à l'interprétation* qui contribuent à caractériser l'historicité intrinsèque du dispositif et favorise la stabilisation de l'institution par auto-renforcement adaptatif.

Peut-on modéliser un tel dispositif ? Si oui, comment ? Il ne s'agit pas ici de répondre à ces questions, qui dépassent notre problématique de départ., mais de souligner une dernière fois que la prise en compte de l'historicité du « temps des structures sociales » présuppose une marge de liberté au niveau de l'interprétation d'un double point de vue. Au niveau du modèle, seules des procédures interprétatives associées à une modélisation réflexive des agents comme observateurs peuvent garantir les conditions nécessaires à une *émergence forte* indispensable pour engendrer une *évolution générative des structures*. Mais cette dernière doit elle-même être pré-conditionnée de manière générique, pour encadrer strictement les évolutions et leurs possibles issues dans un *méta-modèle intégrateur*. Au niveau de l'ensemble formé par le modélisateur-expérimentateur et son modèle, une articulation souple doit également être recherchée entre ce qui est modélisable de la manière précédemment décrite, et ce qui relève de l'interprétation humaine, selon une perspective méthodologique différente, mais nécessairement complémentaire.

Conclusion

L'objectif de cette note était de mettre en perspective certaines questions qui apparaissent au chercheur qui désire modéliser la structuration « historique » des phénomènes sociaux au moyen d'une démarche centrée sur des agents et sur leurs interactions. La première question méthodologique que pose cette problématique est celle de la frontière, nécessairement floue et mouvante entre ce qui est modélisable et ce qui ne l'est pas, et relève donc de l'interprétation d'un observateur extérieur. Pratiquement, cette question renvoie à une approche des phénomènes sociaux en terme de *dualisme méthodologique*. Le tour d'horizon auquel nous nous sommes livrés est bien entendu aussi incomplet que superficiel. Il montre cependant que de nombreuses questions que nous avons soulevées à partir de différentes perspectives disciplinaires pouvaient être mises en rapport, et renvoyaient finalement à quelques questions génériques, généralement déjà bien connues des philosophes. De plus, il apparaît que la recherche de fondements explicites pour les position méthodologiques et de « l'épistémologie spontanée » des chercheurs de chaque champ disciplinaire peut faire apparaître des insuffisances, des incohérences voire des contradictions entre les différentes approches revendiquées. Un *dualisme méthodologique ne saurait être un éclectisme*. Une question centrale est alors celle de l'articulation entre les différentes dimension du modèle et celles de l'interprétation Pour progresser, il semble donc nécessaire d'aller au-delà des approfondissements propres à chaque champs disciplinaires, et d'engager une réflexion pluridisciplinaire qui associe des spécialistes des différents champs concernés avec des philosophes, selon une perspective élargie de « science cognitive et sociale », destinée réfléchir aux fondements épistémiques et ontologiques qu'il pourrait être possible de produire pour augmenter la cohérences de la

mise en perspective des approches disciplinaires, délimiter les domaines de validité et de complémentarité des discours et des modèles et concilier les différents points de vue, lorsque cela est possible, dans un ensemble articulé de perspectives complémentaires.

Bibliographie

- Amy B., Bonabeau E. Dessalles J.-L. Ducret J.-J. Giacometti A., Grumbach A. (1992) *Emergence dans les modèles de cognition*, séminaire ENST 15-16 Avril S003, ENST Paris.
- Axtell R. (2000) ; « Why Agents ? On the varied motivations for Agent computing in the social sciences » ; *Brooking institution, Center on Social and Economic Dynamics*, WPN°17, november.
- Axtell R. Epstein J.M., Young H.P. (2000) ; « The Emergence of Classes in a Multi-agent Bargaining Model » *Brooking institution, Center on Social and Economic Dynamics*, WPN° 9 february.
- Bachelard G. (1931) *L'intuition de l'instant*, Stock réed livre de poche 1992.
- Balandier G. (1988) *Le Désordre : éloge du mouvement* Fayard, Paris
- Boneabeau E., Dessalles J.-L. (1997) « Détection and Emergence » *Intellectica*, 25 p.89-94.
- Boudon R. (1984) ; *La Place du désordre, critique des théories du changement social* ; Col. Sociologies, Presses Universitaires de France, Paris.
- Boudon R., Chazel F., Bouvier A. eds. (1999) *Cognition et sciences sociales*. Presse Universitaires de France, Paris.
- Bourgine P., Nadal J.P. eds. (2003) ; *Cognitive Economics* ; Springer (forthcomming)
- Chenet F. (2000) *Le Temps ; Temps cosmique, Temps vécu*, Armand Colin, Paris.
- Churchland P.M. (1981) « Eliminative Materialism and the Propositional Attitudes », *The Journal of Philosophy*, vol LXXVIII p.67-90. trad. fr. « Le Matérialisme éliminativiste et les attitudes propositionnelles » in Fissette, Poirier (ed..) « Philosophie de l'esprit, Vrin 2002.
- Cohen P.R. et Levesque H.J. (1988) « Intention is choice with commitment » *Artificial Intelligence*, vol 42, p. 213-261.
- Dawkins R. (1976) *The Selfish Gene* Oxford University Press, trad.fr. *Le Gène égoïste*, Armand Colin, Paris, 1990.
- Dennett D.C. (1996) *Kinds of Minds*, Brockman, N.Y. trad. Fr. *La diversité des esprits*, Hachette, Paris, 1998.
- Dessalles, J.-L. (2000) *Aux origines du langage, une histoire naturelle de la parole*, Hermes Sciences, Paris.
- Dosse F. (1995) *L'empire du sens, l'humanisation des sciences humaines* La découverte, Paris.
- Douglas M. (1986) *How Institutions Think*, Syracuse University Press, trad. Fr. *Comment pensent les institutions*, La Découverte, Paris, 1999
- Ducret JJ, Schachner W. (1992a) « Constructivisme génétique et émergence » in Amy *et al.* (eds.) op cit., p.117.
- Ducret JJ, Schachner W. (1992b) « L'émergence d'abstractions, un pas de plus vers une intelligence artificielle génétique » in Amy *et al.* (eds.) op cit., p.117.
- Durlauf S.N., Young P. (2001) eds. ; *Social dynamics* ; The MIT Press, Cambridge Ma.
- Elias N. (1984) *Du temps* (traduction française de *Über die Zeit*), Fayard, Paris, 1996.
- Engel P. (1994) *Introduction à la philosophie de l'esprit*, Découverte, Paris.
- Engel P. dir. (2000) *Précis de philosophie analytique*, PUF, Paris.
- Epstein J.M. (1999) ; « Agent-Based Computational Models and Generative Social Science » ; *Complexity*, Vol.4 N°5, p.41-60.
- Epstein J.M. Axtell R. (1996); *Growing Artificial Societies, Social Sciences from the Bottom Up*, Brooking Institution Press, MIT Press Washington D.C.,Cambridge Mass.
- Ferber J., Labbani O., Müller J.-P., Bourjault. A. (1997) *Formalizing emergent collective behaviours: Preliminary report. International Workshop on Decentralized Intelligent and Multi-Agent Systems*, St. Petersburg, pp. 113-122.
- Ferber J. (1999) *Multi-agent Systems* ; Addison Wesley Reading, MA.
- Ferber J. Guérin V. (2002) « Représentations et simulation : de la modélisation à la mise en situation » in *10^e journées de Rochebrune : le statut épistémologique de la simulation* S 001 ENST, Paris

- Forrest S. (1990) « Emergent computation » : Self-organizing, Collective, and Cooperative Phenomena in Natural and Artificial Computing Networks », introduction to the proceedings of the ninth annual CNLS Conference', in *Emergent computation*, MIT Press, Cambridge, M.A., 1990, p.1-11.
- Gadamer H.G. (1960) *Vérité et méthode, les grandes lignes d'une herméneutique philosophique*, (trad. Française de *Hermeneutik I*) coll. L'ordre philosophique, Seuil, Paris, 1996.
- Gadamer H.G. (1963) *Le problème de la conscience historique*, Editions Universitaires de Louvain réed. Seuil, Paris, 1996
- Gardner H.(1985) *The Mind's new science a history of the cognitive revolution* Basic Book, NY, trad. fr *Histoire de la révolution cognitive la nouvelle science de l'esprit*, Payot, 1993..
- Giddens A. (1984) *The constitution of society*, Polity Press, Cambridge & Basil Blackwell, Oxford, trad. fr. *La constitution de la société*, PUF, Paris, 1987.
- Gilbert N. (1995) ; « Emergence in social simulations » ; in Gilbert, Conte (1995) op.cit. p. 114-156.
- Gilbert N., Conte R. (1995) eds. ; *Artificial Societies : The Computer Simulation of Social Life* UCL Press London.
- Lalande A. (1926) *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, PUF, réed. « Quadrige », Paris, 2002
- Le Moigne, J.-L. (1995) *Les épistémologies constructivistes*, col. Que sais-je ?, PUF, Paris.
- Lesourne J. (1991) ; *Economie de l'ordre et du désordre* ; Economica, Paris.
- Lesourne J., Orléan A. (1998) eds. ; *Advances in Self-Organization and Evolutionary Economics* ; Economica, Londres Paris.
- Levi Strauss C. (1958) *Anthropologie structurale*, Plon, Paris.
- McLaughlin Brian P. (1997) « Emergence and Supervenience », *Intellectica* 25 p.25-43
- Mesure S. (1990) *Dilthey et la fondation des sciences historiques*, PUF, Paris
- Mills J.S. (1843) *A system of Logic*, trad fr. Peisse sur la 6^e ed. anglaise : *Système de Logique déductive et inductive*, Ladrangé, Paris, 1866, réed Mardaga 1988
- Müller J.P. (1998) *Méthodologie de conception de systèmes multi-agents de résolution de problèmes par émergence*, JFIADSMA'98, Hermès, novembre.
- Müller J.P., Pesty S. (1998) *Interaction, coopération et émergence dans les systèmes multi-agents*, Assises nationales du PRC-GDR-13, Lyon, juin 1998
- Müller J.P. (2000) « Modélisation organisationnelle en systèmes multi-agents Septième Ecole d'été de l'ARCo, Bonas, 10-21 juillet 2000.
- Müller J.P. (2002) *Des systèmes autonomes aux systèmes multi-agents : interactions, émergence et systèmes complexes* » Rapport présenté pour l'obtention de l'HDR, 8 novembre, 58 p.
- Munck (de) J. (1999) *L'institution sociale de l'esprit*, PUF, Paris
- Phan D. (2003) « From Agent-Based Computational Economics towards Cognitive Economics », in Bourguine, Nadal, (2003), op. cit.
- Piaget J. (1937) *La construction du réel chez l'enfant* réed Delachaux et Niestlé, Lausanne, 1967
- Piaget J. (1967) ed. ; *Logique et connaissance scientifique*, NRF Encyclopédie de la Pléiade, Paris.
- Piaget J. (1968) *Le structuralisme* ; Col. Que sais-je ?, Presses Universitaires de France, Paris.
- Piaget J. (1973) *Le Développement de la notion de temps chez l'enfant*, Presses universitaires de France
- Piaget J. (1979) *L'Épistémologie génétique*, Col. Que sais-je ?, Presses Universitaires de France, Paris.
- Pinkas D. (1995) *La matérialité de l'esprit, un examen critique des théories contemporaines de l'esprit*, La Découverte, Paris.
- Proust J. (1997) *Comment l'esprit vient aux bêtes. Essais sur la représentation* Gallimard, Paris.
- Proust J. (2003) *Les animaux pensent-ils ? Col. Le Temps d'une question*, Bayard.
- Putnam H. (1983) *Definitions* Cambridge University Press, trad française : *Définitions, pourquoi ne peut-on pas « naturaliser » la raison ?* éditions de l'éclat, 1992.
- Putnam, H. (1981), *Reason, Truth and History*, Cambridge University Press, trad. Française : *Raison, vérité et histoire*, Les Editions de Minuit, Paris 1984.

- Ricœur P. (1983) ; *Temps et Récit* , tome I. *L'intrigue et le récit historique* et tome III *Le temps raconté*, Col. « L'ordre Philosophique », réed. Col. « Points Essais », Seuil, Paris
- Ricœur P. (2000) *La mémoire, l'histoire, l'oubli* ; Col. « L'ordre Philosophique », Seuil, Paris.
- Searle, J.R. (1969) *Speech Acts. An Essay in the Philosophy of Language* Cambridge University press, NY, trad. Fr. Les actes de langage Paris Herman 1972, réed 1996.
- Searle J.R. (1992) *La redécouverte de l'esprit*, NRF-essais, Gallimard, Paris
- Searle J.R. (1995) *The Construction of Social Reality*, Free Press ; trad. Française : *La construction de la réalité sociale*, NRF-essais, Gallimard, Paris.
- Searle J. R., (2000) « Langage, conscience, rationalité » (entretien avec Philippe de Lara), *Le Débat*, n°109, mars-avril
- Sperber D. (1996) *La contagion des idées* Odile Jacob, Paris.
- Sperber D. (1997) « Individualisme méthodologique et cognitivisme » in Boudon, et al. eds., op cit. p. 123-136.
- Tesfatsion L. (2001) ; « Agent-Based Computational Economics : Growing Economies from the Bottom Up » ; ISU Economics Working Paper N°1 December 14, Iowa State University.
- Van de Vijver Gertrudis (1997) « Emergence et explication », *Intellectica* 25, p.7-23.
- Warnke G. (1987) *Gadamer, Hermeneutic, Tradition and Reason*, Basil Blackwell, trad. française : *Gadamer, Herméneutique, Tradition et Raison*, De Boeck, Bruxelles, 1991.
- Watzlawick P. dir. (1988) *L'invention de la réalité, contributions au constructivisme*, Points-essais, Seuil, Paris.
- Wittgenstein L. (1953) trad. Française : *Investigations philosophiques*, Gallimard, Paris 1961
- Zwirn H. (2000) *Les limites de la connaissance*, Odile Jacob, Paris.