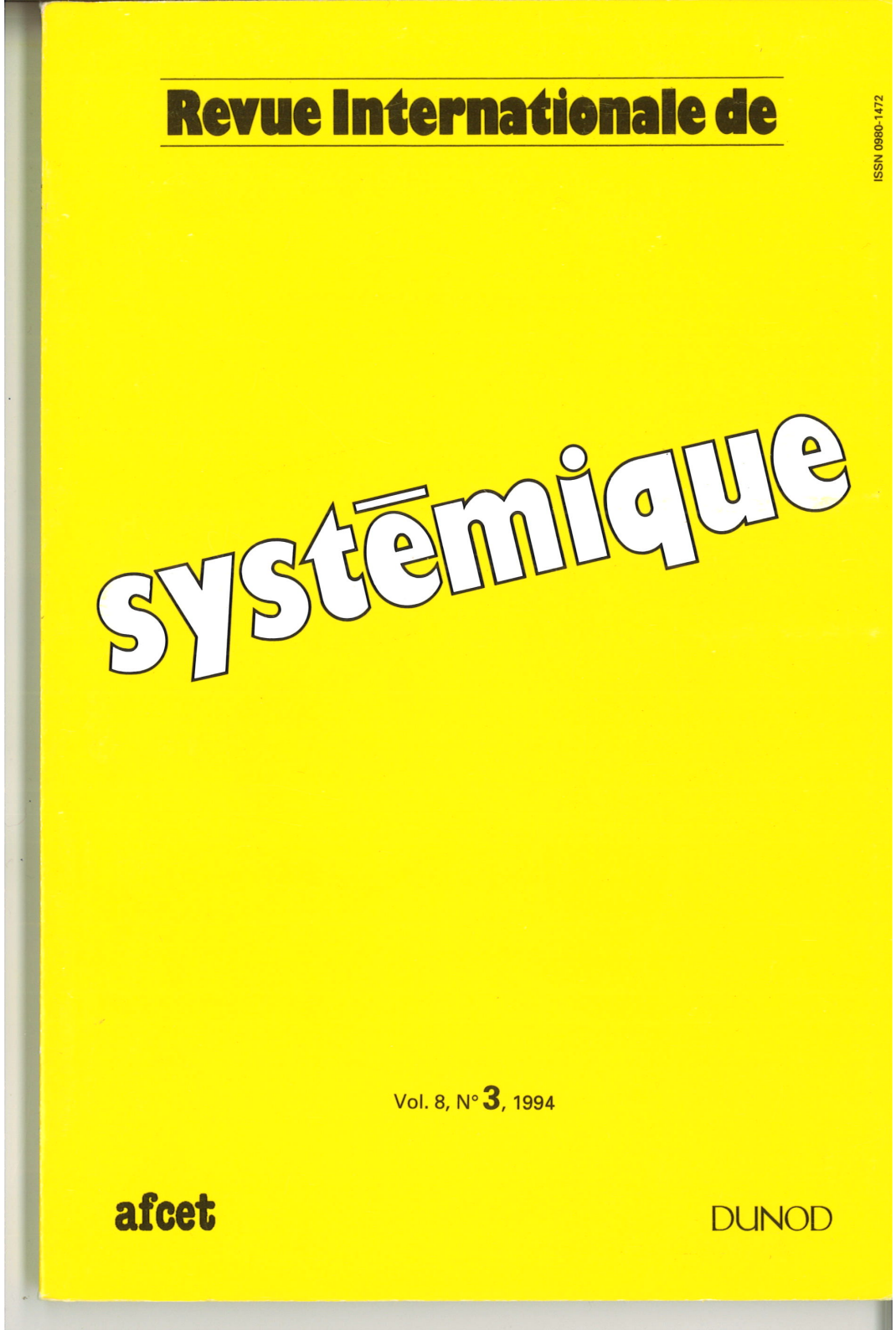

AFSCET

Revue Internationale de systēmique

Revue
Internationale
de Sytémique

volume 08, numéro 2, pages 315 - 335, 1994

Réévaluation des concepts d'auto-organisation et d'émergence à la lumière de la systémique ago-antagoniste

Elie Bernard-Weil

Numérisation Afscet, janvier 2016.

Creative Commons

$$\int_0^{\sigma} b\,(r)\,dr,$$

nécessairement finie. Il y a là coexistence d'une durée subjective perçue liée aux capacités de perception de l'écoulement du temps extérieur, de référence, et d'une durée propre appréhendée liée à l'intensité des processus internes au système et possédant une signification probablement plus profonde [4].

Références

ALLAIS M., 1956, Explication des cycles économiques par un modèle non-linéaire à régulation retardée, in *Les Modèles Dynamiques en Econométrie*, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp. 169-308.

ALLAIS M., 1972. Forgetfulness and interest, *Journal of Money, Credit and Banking*, pp. 40-71.

LECOMTE DU NOÜY P., 1936, *Le Temps et la Vie*, Gallimard, Paris.

LÉVI R., 1975, *L'En-deça de la Mort*, Vrin, Paris.

LÉVY J.-C., 1969, *Le Temps Psychologique*, Dunod, Paris.

VALLÉE R., 1951. Sur deux classes d'« opérateurs d'observation », *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, vol. 233, pp. 1350-1351.

VALLÉE R., 1977, Sur la modélisation en théorie des systèmes des processus de perception et d'actualisation des chroniques, in *Modélisation et Maîtrise des Systèmes*, Editions Hommes et Techniques, Suresnes, pp. 178-182.

VALLÉE R., 1980, Memorization in systems theory and the perception of time, International Congress on Applied Systems Research and Cybernetics, Acapulco 1980, in *Applied Systems and Cybernetics*, vol. 2, Pergamon Press, New York, pp. 697-700.

VALLÉE R., 1983, Sur la subjectivité de la durée, *Revue de Bio-Mathématiques*, n. 82, pp. 31-40.

VALLÉE R., 1991. Perception, memorization and multidimensional time, *Kybernetes*, vol. 20, nº 6, pp. 14-27.

4. Nous n'avons pas évoqué l'influence de la mémorisation sur la durée propre appréhendée. On peut l'aborder par la même méthode que celle utilisée pour la durée subjective perçue, c'est-à-dire par le même formalisme différentiel, mais peut-être $a(t)$ doit-il être remplacé par un $a^*(t)$ différent.

REVUE INTERNATIONALE DE SYSTÉMIQUE
Vol. 8, Nº 3, 1994, pp. 315 à 335

RÉÉVALUATION DES CONCEPTS D'AUTO-ORGANISATION ET D'ÉMERGENCE À LA LUMIÈRE DE LA SYSTÉMIQUE AGO-ANTAGONISTE

E. BERNARD-WEIL [1]

Résumé
Rattachés à la cybernétique de second ordre, les concepts d'auto-organisation (AO) et d'émergence ont suscité une sorte de lame de fond épistémologique qui a pu faire croire qu'ils apportaient une solution pleinement satisfaisante aux problèmes posés par la genèse et le devenir des systèmes. Or, une réflexion, même élémentaire, sur ces problèmes – et l'on peut s'étonner qu'elle ait mis si longtemps, sauf exception, à apparaître – nous montre que les interprétations des faits, notamment biologiques, à partir de ces concepts, ou que les formalisations destinées à démontrer la réalité de l'AO, pêchent par la mise à l'écart (par le refoulement ?) d'autres concepts qui devraient toujours leur être associés, ceux d'hétéro-organisation et d'immergence. Sans ces derniers, aucune forme ou *patterns* ne pourrait apparaître par le biais de la seule AO ou de l'émergence. Reste la difficulté de penser à la fois les deux éléments de chacun des couples proposés – et non plus de choisir comme c'est encore trop souvent le cas, l'un aux dépens de l'autre. La mutation épistémologique que semble permettre la « systémique ago-antagoniste » devrait aider dans cette tâche, dont l'urgence tient sans doute au fait que les doctrines liées à la seule AO et à la seule émergence nous éloignaient, quelles que fussent les préoccupations de leurs défenseurs, des problèmes de contrôle (c'est-à-dire relatifs aux actions sur les systèmes déséquilibrés) qui étaient au centre de la cybernétique dite de premier ordre.

Mots-clés : auto-organisation, émergence, hétéro-organisation, immergence, systémique.

Le concept d'auto-organisation en est venu à définir presque en priorité – avec la notion de « complexité » – la systémique ou « cybernétique de second ordre ». Il a eu également une fortune indiscutable dans le cadre de la biologie théorique, où on a pu croire qu'il donnait la clef de nombreux phénomènes jusque-là mal compris.

1. Fondation A. de Rothschild, 25-29, rue Manin, F-75980 Paris Cedex 19.

Rev. intern. systémique. 0980-1472 Vol. 8/94/03/ $ 4.00/© Afcet Gauthier-Villars

Cependant, nous avons été amenés à mettre en doute la pertinence de ce concept, ou plus exactement à montrer à quel « impensé » ou « inexplicite » il renvoyait. Nous proposons alors un cadre où ce concept garde une certaine validité, mais perd une partie de ses prétentions à rendre compte à lui seul – et selon un mécanisme qui reste obscur – des faits par lui interrogés.

I. THÉORIE DES TYPES ET THÉORÈME DE GÖDEL

Le concept d'« auto-organisation » pourrait trouver une partie de son origine dans la « théorie des types » de Russell, au moins parce qu'il se dessine dans cette théorie la notion de « niveau » dont le concept en question a fait un large usage.

La théorie des types peut être considérée comme une tentative pour faire disparaître les paradoxes auxquels la théorie des ensembles avait donné naissance. Rappellons que le mot d'ordre dans la « planification » mathématique de l'époque était celui lancé par Hilbert : inclure tous les types de raisonnement mathématique corrects dans un système formalisé où l'on pourrait démontrer qu'il était à l'abri de toute contradiction. Russell pensa pouvoir éviter les paradoxes – dont celui qu'il avait lui-même donné en exemple à propos de l'ensemble des ensembles qui ne font pas partie d'eux-mêmes – en stratifiant les niveaux logiques de telle façon qu'un niveau supérieur ne pouvait subir l'influence de ce qui se passait au niveau inférieur. Ainsi, pour donner un exemple, le niveau de l'énonciateur, Epiménide le Crétois, étant distinct de l'énoncé : « Tous les Crétois sont menteurs », l'interaction entre l'énoncé et l'appartenance de l'énonciateur à l'énoncé est supprimée. Bien entendu, l'autoréférence est proscrite de la théorie des types, ce qui déjà pourrait inquiéter un tenant de la cybernétique dite de second ordre.

Dans le cas du concept d'auto-organisation (AO), nous retrouvons en quelque sorte la hiérarchie des niveaux, quoiqu'on puisse relever certaines différences. La circulation à travers les niveaux est ascendante dans l'AO, elle est plutôt descendante dans la théorie des types, qui mérite plus que la première la qualification de « hiérarchique ». Mais les deux conceptions partagent le souci majeur d'une sorte d'« imperméabilité » ou de cloisonnement entre les niveaux qui fait que le niveau immédiatement supérieur a toujours « quelque chose en plus » dont, on le verra, l'apparition reste inexpliquée chez les théoriciens de l'AO. Le passage d'un niveau à un autre niveau, dans le cas de l'AO, se ferait alors par le biais d'un processus appelé « émergence », *ce qui transforme pour ainsi dire une problématique logique en une problématique organique ou génétique.* Mais l'on n'a pas à notre avis suffisamment réfléchi aux difficultés suscitées par une telle approche, d'autant

qu'elle a été acceptée avec une sorte d'enthousiasme qui étouffe tant soit peu l'esprit critique. Remettre en question la notion d'une auto-organisation et de niveaux d'émergence paraît sans nul doute à certains une manifestation rétrograde s'opposant aux progrès (à de nouvelles émergences !) de nos facultés cognitives.

Les découvertes de Gödel semblent aller dans le même sens que la théorie des types, et donner encore une justification indirecte à la perspective auto-organisatrice. En effet, le premier théorème de Gödel, celui de l'incomplétude de tout système formel, repose sur le fait que l'on peut trouver un énoncé vrai qui ne peut être prouvé (ni démontrable, ni réfutable). Mais si on introduit cet énoncé comme axiome d'un système formel plus puissant, il semble que l'on ait trouvé le remède à cette situation des plus pénibles (notamment dit-on dans le cas de Hilbert, grand mathématicien par ailleurs, quand il a pris connaissance de ce théorème), sauf qu'on peut trouver pour ce nouveau système formel un nouvel énoncé de Gödel... et ainsi de suite, avec chaque fois ce que l'on appelle une « gödelisation » du système formel.

Voilà une série d'événements qui paraissent devoir renvoyer à l'idée des niveaux dans les processus d'AO. Fait important, cet empilement de systèmes formels tous plus puissants les uns que les autres, n'empêchait pas Gödel de critiquer respectueusement la théorie des types (Gödel, 1944). D'abord, parce qu'il ne considérait pas l'autoréférence comme une injure à la raison (sans autoréférence, il n'y aurait pas de théorème de Gödel). D'autre part, du fait que ce qui l'intéressait dans la théorie des types, c'était ce qui se répétait à tous les niveaux de cette théorie, c'était le mécanisme de l'interface, identique quel que soit le niveau, c'est-à-dire un *invariant*. De même, la « gödélisation » constitue aussi un « invariant » qui permet d'échapper au vertige de la succession à l'infini des superpositions de systèmes formels. A titre d'exemple dans la modélisation actuelle, on peut citer les modèles hiérarchiques de Pierre Auger (1989) qui accordent une importance croissante à la dialectique entre un groupe de variables, *quel que soit son niveau* – et la variable représentative du niveau dit supérieur.

II. ÉNUMÉRATION DES NIVEAUX

Il est devenu classique d'énumérer une série de niveaux qui partent de l'atome pour rejoindre par exemple le niveau du politique, en passant par les molécules, les macro-molécules, les organites sub-cellulaires, la cellule, les tissus, les organes, les organismes, et enfin les familles, les groupes : professionnel, religieux, national, culturels... qui subdivisent ou « complexifient » le niveau du social – et il con-

viendrait de poursuivre l'énumération au-delà du politico-social par un niveau écologique terrestre puis galactique, cosmogonique... Un autre exemple, plus proche de la logique elle-même, sera emprunté à J.P. van Gigch (1987), où l'on trouve successivement les niveaux de l'abstraction, de l'explication, de la prédiction, de la compréhension, de l'innovation et de la création de nouvelles connaissances (le niveau de l'abstraction se subdivise lui-même en isolement de certaines caractéristiques, perception des similarités et des différences, puis du général ou de l'universel, et il est le lieu d'un ordre logique inspiré explicitement de la théorie de types de Russell et Whitehead, et sans limite supérieure apparemment).

Personne ou presque ne semble discuter la pertinence de cette échelle. Les usagers de cette conception hiérarchique ne se demandent pas suffisamment selon nous si cette énumération a un sens et surtout comment ce passage d'un niveau à un autre opère.

Certes, en tant que *mode descriptif*, l'AO peut nous aider à mettre en ordre nos connaissances. Elle aurait aussi le mérite d'*empêcher qu'un niveau donné soit complet et auto-suffisant*, définitif en quelque sorte, car, si c'était le cas, il serait susceptible de rendre compte aussi bien du fonctionnement des niveaux inférieurs – ce qui est toujours la caractéristique d'un niveau dans la théorie des types – mais aussi du fonctionnement des niveaux supérieurs [2]. Signalons pourtant que des entorses ont été faites à cette règle, puisque certains voudraient que la connaissance des fonctions du neurone soient suffisantes pour expliquer les grandes fonctions de notre système nerveux tels que jugement, imagination, décision, instincts, émotion...

Mais on peut être réticent devant l'idée d'une auto-organisation et de processus émergents qui établiraient une sorte de genèse de notre monde biologique et culturel (et qui rendrait compte aussi, pourquoi pas, de la phylogenèse des théories scientifiques avec précisément un jour l'émergence de la théorie des types puis du concept d'AO).

Dans le processus d'émergence, le niveau sus-jacent, celui qui apparaît *est à la fois déterminé et non déterminé* par le niveau sous-jacent: certes il est « éclaboussé » par le niveau sous-jacent, puisque l'existence de ce dernier est à la condition de l'apparition du niveau supérieur, mais en même temps le niveau sous-jacent s'efface en quelque sorte devant la complexité accrue du niveau émergent.

Pourquoi donc un niveau émergerait-il ? On raisonne comme si, après l'atteinte d'un niveau donné, il se créait une sorte de vide ou de béance au-dessus de lui,

2. C'est pourquoi un modèle universel implique une absence de niveaux et de hiérarchie. Cependant, on verra dans la note [6] que l'on peut concevoir l'existence d'un modèle « universel » (entre guillemets) à condition de lui adjoindre un méta-modèle, le méta-modèle des modèles « universels ».

qui aspirerait ou actualiserait une sorte de potentiel créatif, l'émergence étant le destin de la matière, puis celui de la substance vivante, puis de la culture. Ou alors, si l'on cherche à éviter ces notions à vrai dire teintées de métaphysique, il ne reste plus qu'à se rallier aux formulations des « auto-organisateurs ». Elles sont en tout cas autant énigmatiques: rien dans le niveau « micro » (inférieur) ne permet de rendre compte de ce qui va apparaître, les caractéristiques du niveau « macro » (supérieur) ne sont contenues ni dans le niveau « micro » *ni déterminées par quelque facteur transcendant que ce soit*. Malgré tout le respect que l'on doit aux recherches sur l'AO (dont on verra comment on peut les « sauver » en partie), nous résumerons comme suit le processus invoqué: un coup de baguette magique, pft ! et l'émergence sort de leur chapeau.

Nous illustrerons notre critique par des exemples relatifs à la phylogénie, à l'ontogénie, à la modélisation mathématique et informatique des phénomènes d'« auto-organisation » (ou « prétendus tels » selon l'expression de C. Lévi-Strauss à propos du totémisme).

III. CRITIQUE DE LA NOTION D'AUTO-ORGANISATION AU POINT DE VUE PHYLOGÉNÉTIQUE

L'AO ne serait-elle pas le complément obligé des doctrines de l'évolution ? Les espèces nouvelles apparaîtraient par un processus d'émergence – un terme que les théoriciens du transformisme acceptent, à ma connaissance, mais sans leur apporter en général le *background* fantastique ou fantasmatique que nous avons vu.

En effet que signifierait, pour reprendre l'échelle des niveaux que l'on vient de voir, l'idée – quoiqu'on puisse encore rester aveugle à cette évidence – l'idée d'amas cellulaires d'où émergerait un tissu, d'un amas de tissus d'où émergerait un organe, d'un amas d'organes d'où émergerait un organisme, avec chaque fois des fonctions dit-on de plus en plus complexes par rapport à celles propres aux constituants du niveau inférieur ? La biologie trouverait alors son modèle dans les peintures de Jérôme Bosch plutôt que dans les recherches, à la fois artistique et scientifique, d'un Léonard de Vinci.

Nous pouvons partir d'un peu « plus bas » et l'on bute alors sur le paradoxe, déjà signalé par divers auteurs; de l'ADN et des protéines. Matériellement, on ne sait pas encore comment passer des constituants « cellulaires », et qui ne mériteraient pas encore ce nom (protéines, filaments d'ADN...), à la cellule vivante. Puisque les protéines ont un rôle *catalytique* et les filaments d'ADN un rôle *informatif* et qu'ils ont besoin les uns des autres (un paradoxe déjà signalé puisque

le programme génétique de l'ADN, qui contient le plan de fabrication des protéines cellulaires, exige la préexistence d'une protéine pour lire et exécuter le programme en question), on en vient à rechercher, à imaginer... et à synthétiser, soit des filaments d'acides nucléiques avec des propriétés catalytiques, soit des protéines porteuses d'information – sans qu'aucune de ces tentatives n'ait obtenu quelque consensus que ce soit. Ou bien on attribue au hasard d'une rencontre, favorisée éventuellement par des argiles, l'apparition de la vie ainsi définie. En fait, tout ce que l'on peut dire, c'est que la cellule est un être hybride, une « chimère » (M. Locquin), faite de *l'accouplement de deux éléments constitutifs ADN et protéines* (que nous dénommerons, quant à nous, un couple ago-antagoniste) et que *son apparition ne pourrait recevoir jamais d'explication avec la logique dont on dispose actuellement* (Hagène et Lenay, 1986), *y compris celle liée au concept d'AO.*

Revenons à la succession des espèces. De telles perspectives occultent en outre, au moins provisoirement, ce que tout le monde sait mais n'utilise pas pour la contestation des vues précédentes : il existe des *organismes unicellulaires déjà dotées de la plupart des fonctions d'un organisme possédant des centaines de milliards de cellules* (de Duve, 1990) : sensibilité, digestion, mobilité, instincts et stratégies, sécrétions internes, squelette, programme génétique et bien entendu des processus métaboliques très voisins, notamment ces « cascades » déclenchées par la liaison d'un ligand à son récepteur, et encore parfois la sexualité [chez les volvocales *Chlorogonium* (Denis et Mignot, 1994)].

Une expression populaire pourrait s'appliquer à ces faits, dont la profondeur n'échappera à personne : « Plus ça change, plus c'est la même chose » – quoiqu'on puisse aussi bien être sensible à l'extraordinaire créativité de l'évolution. Un autre couple ago-antagoniste (AA) apparaît alors, celui formé par *la permanence (ou l'invariance) et le changement*, qui, pour nous, caractérise ce qu'on entend par l'évolution des systèmes vivants.

Bien plus si nous continuons à rechercher des similitudes dans l'évolution plutôt que des différences (ou des émergences), ces processus métaboliques sont toujours en rapport avec *la coexistence de phénomènes de stimulation et d'inhibition, d'expression et de répression des gènes*, et ils préfigurent les grandes fonctions de régulation nerveuse et endocrinienne des organismes multi-cellulaires, basées également sur les antagonismes des structures et des médiateurs qui les constituent.

De même, si nous écoutons un neuro-physiologiste parler des « niveaux d'organisation » du cortex cérébral (Burnod, 1991), nous voyons qu'*un même leitmotiv, encore celui du couple excitation-inhibition*, parcourt l'exposé, qu'il s'agisse des canaux ioniques de la membrane des neurones, des synapses intercellulaires, des « colonnes » pluricellulaires du cortex cérébral, des cartes corticales, et du système

global étudié ; dans le dessin original de Szentagothai, reproduit dans tous les manuels, qui schématise la « colonne corticale » ou assemblée élémentaire de neurones, il paraît remarquable de la voir divisée par cet auteur en deux sous-colonnes, l'une appelée *inhibitory filtering*, l'autre *excitatory selection.*

Une virologiste (Sperling, 1988) se voit aussi dans l'obligation de proposer une notion « peu orthodoxe en biologie », celle de la « détermination réciproque des niveaux d'organisation » : dans un certain virus, la chaîne polypeptidique de la sous-unité qui compose avec d'autres sous-unités la coque virale ne peut trouver sa configuration finale qu'en fonction de sa position « quasi-équivalente » dans la coque virale (quasi-équivalente parce que la forme « idéale » icosaédrique de cette coque subit des déformations locales favorables à la stabilité globale). « Ce qui veut dire, en général, qu'une structure globale ne peut atteindre sa forme la plus stable qu'une fois complétée, mais qu'une sous-unité ne peut adopter une bonne figuration locale que dans le contexte de la structure finie ». Ainsi, *à l'opposé de l'idée simple d'une construction par étapes sous l'action d'un flux unidirectionnel d'information génétique, on ne peut envisager la réalisation de ces assemblages que par une « construction concertée » entre les deux niveaux, basal (les sous-unités) et émergent (la coque)* [3].

Pour l'endocrinologiste qui écrit cet article, il ne saurait y avoir un axe cortisonique qui aurait un jour rencontré un axe neuro-posthypophysaire – leur « synthèse » (c'est-à-dire l'apparition du système surréno-posthypophysaire) survenant alors à l'occasion d'un changement de niveau : *il s'agit en fait d'un avatar de ces propriétés déjà présentes dans le « premier » organisme vivant (c'est d'ailleurs ce qui participerait à la définition de la « vie ») en constituant une double régulation de signe opposé.* On peut en effet les qualifier de régulation « chaude » et « froide » (ou ergotrope et trophotrope dans le langage biomédical), la première surtout destinée à faciliter les actions de l'organisme sur l'environnement, la seconde assurant plutôt la permanence et la stabilité de l'organisme lui-même, la conservation et la constitution des réserves. Ces deux types de régulation sont donc également observés quel que soit le « niveau » sur l'échelle biologique, mais, dans les organismes ayant différencié un système nerveux ou endocrinien, le « chaud » et le « froid » correspondent aussi bien à des régulations endocriniennes (respectivement la cortisone et la vasopressine, entre autres couples) que nerveuses (respectivement le système nerveux central et le système nerveux végétatif) (notons que ce dernier

3. Certes, on a pris conscience depuis longtemps de l'existence d'une action en retour du tout sur les éléments à partir desquels il a émergé, et qui va modifier les comportements individuels de ces éléments. Hoffstater en a fait un exemple de « hiérarchie enchevêtrée ». Mais notre thèse est que cette concertation des niveaux est une propriété essentielle de ce qu'on appelle « auto-organisation », et qu'elle nous conduit naturellement au concept d'« hétéro-organisation ».

est holographiquement divisé en un système sympathique plutôt « chaud » et un système parasympathique plutôt « froid », division encore à peu près valable de nos jours malgré l'extrême complexité du réseau des neuro-médiateurs qui, individuellement, ne pourraient pas donner lieu à une telle classification). De plus, le réseau immunologique peut être, phénoménologiquement, divisé en un sous-réseau de connaissance du soi (idiotypique) (donc « froid ») et un sous-réseau de reconnaissance des antigènes du monde extérieur (donc « chaud »), quoique les deux sous-réseaux puissent interférer. Si l'on autorise la biologie à considérer des phénomènes relevant du social – à condition qu'elle puisse apporter des concepts utiles à leur compréhension, et, inversement, qu'elle puisse s'inspirer à son tour des conclusions de chercheurs en sciences humaines –, nous aurons la surprise de retrouver cette dichotomie régulations froide-chaude dans le fonctionnement de l'entreprise, quoique sous d'autres dénominations (Beer, 1979 et 1981) (Paulré, 1992).

Cette propriété fondamentale qu'a l'être vivant de comporter des couples de fonctions opposées quelque soit le niveau d'observation dans l'échelle des « émergences » méritait d'être soulignée – et, au plan de l'épistémologique formelle, elle correspond assez bien à la théorie des types revue par la critique gödelienne. Un travail qui pourrait se poursuivre dans la définition des phénomènes vitaux, sinon dans l'explication de leur origine, consisterait alors dans l'identification d'autres couples. Dès à présent, le couple concernant la morphologie des êtres vivants étudiée par G. Bouligand (1993) et qui associe *structures statiques et phénomènes dissipatifs*, pourrait être un bon candidat (ou encore les interactions entre la conduite de l'auto-assemblage des constituants cellulaires (et extra-cellulaires) et l'utilisation morphogénétique des gènes).

Ainsi, l'« auto-organisation », responsable de la diversité des êtres vivants, ne peut se concevoir *sans qu'elle ait toujours le regard fixé sur un modèle*, le modèle de la vie, tel que nous avons essayé de le définir. On voit donc apparaître (encore) deux nouveaux couples – la systémique ago-antagoniste est fractale et auto-référentielle ! –, ceux liés à l'existence d'un processus d'*hétéro-organisation*[4] ou d'*immergence* qui viendront compléter les processus, insuffisants à eux seuls pour rendre compte des phénomènes d'évolution, de l'*auto-organisation* et de l'*émergence*.

4. Il semble que la première utilisation du terme « hétéro-organisation » ait été faite par Alain Houziaux, il est vrai dans une perspective à première vue différente, puisque ce Pasteur, intéressé (et attiré) par les théories de l'auto-organisation, se devait de leur opposer une Vérité qui recevait dans ce cas la dénomination d'hétéro-organisation. Quoique l'auto-organisation soit rapprochée, ontologiquement, des « puissances » dénoncées par Saint-Paul, l'attitude de ce théologien reste très ouverte vis-à-vis de la science moderne en général et des recherches cybernétiques ou systémiques en particulier.

Nous ne nions pas pour autant les effets en rapport avec la différenciation progressive de ce modèle commun à tous les niveaux d'émergence : des centaines de milliards de cellules apportent des degrés de liberté en nombre accru par rapport à ceux dont bénéficient des organismes très simples, elles permettent aussi de mieux satisfaire le principe de la variété requise selon Ashby, c'est-à-dire qu'elles apportent en général des possibilités d'*autonomie* croissante.

Pour terminer sur ces points, donnons un exemple éclairant de ce que des théoriciens et praticiens de l'« auto-organisation » peuvent dire à propos de phénomènes liées à l'évolution. C. Delaye et B. Corbara (1993) insistent sur la continuité des transitions d'un agent à un super-agent. Un Briozoaire forme une colonie plate dont tous les composants (zooïdes) sont semblables. En cas de danger, il y aurait « émergence » d'un nouveau type de fonctionnement de cette colonie, avec différenciation entre les zooïdes qui perçoivent le danger et ceux qui forment une couronne d'épines à sa périphérie. Ils évoquent aussi le cas de Coelentérés chez lesquels alternent des colonies sociales et de super-organismes mobiles. C'est justement cette alternance qui peut faire penser que le terme d'« émergence », puis d'« auto-évolution » (employé pour auto-organisation) ne concerne pas vraiment ces phénomènes. La raison profonde en est que ces processus opèrent dans les deux sens et que l'on peut seulement dire que le « niveau » en question existe sous plusieurs formes. En fait, la description biologique – à laquelle les auteurs n'associent d'ailleurs pas les termes en question – sert de point de départ pour la description d'un dispositif informatique (*Artificial Life for Interactive Agents* = ALIA) où par contre ces termes sont référés. Certes on assiste au passage d'éléments individuels à des éléments intégrés du fait des règles d'interaction qui ont été fixées. Mais *peut-on parler d'émergence et d'auto-évolution à propos d'un processus dirigé (et pourquoi pas immergé) par la concepteur d'ALIA ?* Il n'est que de regarder les schémas à la base de cette formalisation qui recourent à d'authentiques couples oppositionnels : socialisation-désocialisation, agrégation-désagrégation, incorporation-extraction, fusion-division, assimilation-compartimentation. Au fond, la règle d'or de la pensée et de l'action systémiques, qui veut que l'observateur-actant fasse partie du système qu'il constitue avec le système observé-agi, cette règle est refoulée au moins momentanément pour ne pas porter atteinte au dogme de l'AO – qui montrerait son incomplétude si l'hétéro-organisation apportée par le chercheur était apparente ou trop clairement explicitée. Les raisons de ce « refoulement » pourraient donner lieu à des tentatives d'élucidation, qui relèvent de l'« épistémologie psychanalytique » !

Mais il y avait lieu d'insister sur cette « constante » qui traverse l'échelle (russellienne), et que l'on peut considérer comme l'« immergence » d'un logos *ago-antagoniste.* Parmi les auteurs qui se sont intéressés à la notion d'émergence, il

faut faire allusion à un jugement de Erwin Laszlo (1972), considérant qu'« en y regardant de près, les émergences ne sont que de nouvelles transformations de propriétés invariantes caractérisant tous les systèmes naturels-cognitifs » (qu'il appelle encore *biperspectival natural-cognitive systems*, une sorte d'ago-antagonisme concernant le double aspect physique et mental des activités cognitives).

IV. CRITIQUE DE LA NOTION D'AUTO-ORGANISATION DU POINT DE VUE ONTOGÉNÉTIQUE

C'est l'aspect « évolutif » du concept d'« auto-organisation » qui a donné lieu à quelques remarques dans les lignes qui précèdent. Or il existe deux autres aspects, l'un correspondant à la « vie artificielle » et à tous les dispositifs informatiques qui pensent avoir mis en évidence des processus d'auto-organisation – et nous avons fait allusion à la fin du chapitre précédent aux réflexions que ces faits suscitent, l'autre aspect, lui, correspond de nouveau à des phénomènes biologiques, mais considérés dans l'ontogenèse plutôt que dans la phylogenèse.

Certains biologistes ont en effet adopté un tel concept qui, pour rendre compte des *effets coopératifs dans les sociétés animales* (colonie d'insectes par exemple), leur paraît préférable à des notions assez vagues du type de « superorganisme ». *L'émergence du comportement collectif à partir d'interactions individuelles* va donc être la maître-mot. A notre avis, il rend incomplètement compte des faits originaux que ces auteurs ont su mettre en évidence par des observations ou des expérimentations particulièrement bien conduites (Theraulaz et coll., 1991) (Camazine, 1991). Il s'agit de la résolution collective du problème posé par la gestion des couvains chez les abeilles ou les fourmis [structuration spatiale de la zone (disposition en anneaux des réserves de miel, de pollen avec au centre le couvain), répartition des œufs et des larves, spécialisation des adultes]. L'explication auto-organisationnelle semble satisfaire ces auteurs, mais elle va susciter de notre part une série de remarques :

(a) parler d'émergence là où l'on retrouve des structurations ou des comportements sinon stéréotypés du moins équivalents d'une ruche à l'autre, correspond à une dérive sémantique par rapport au concept d'« auto-organisation » tel qu'il ressort de l'Ecole de Prigogine. Avec I. Stengers (1979), cet auteur a insisté, à propos du concept d'AO, sur la nouveauté et l'inattendu qui caractériseraient l'émergence des *patterns* et des structures lorsqu'elle en serait responsable (cf. l'utilisation de ce concept dans les problèmes liés à la théorie de l'évolution) (cf. aussi la discussion ci-dessous sur le caractère de « nouveauté » dans les dynamiques produites par des modèles mathématiques).

(b) la référence à la thermodynamique loin de l'équilibre pourrait aboutir à une interprétation opposée. Jamais dans les modélisations de l'Ecole de Prigogine, n'apparaîtraient des régimes dynamiques « nouveaux » mettant en jeu des variables x, y, z ou plus, s'il n'existait un jeu d'équations différentielles associé au système : il semble donc illicite de poser que ces dynamiques sont uniquement le fait d'interactions locales entre ces variables, de la même façon que ces biologistes estiment que les problèmes posés par l'entretien du couvain sont résolus par des interactions locales entre les individus de la colonie.

(c) Ces auteurs refusent, à l'origine des phénomènes d'auto-organisation, quoique ce soit d'autre que des activités locales, individuelles, très décentralisées, mais interagissant les unes sur les autres en déclenchant l'apparition des structures ou *patterns* en question. Nul besoin de la présence d'un contrôleur central (la reine par exemple ou tout insecte qui jouerait un rôle hiérarchique), sont exclues la « représentation globale de la tâche à accomplir », sa « planification » ou encore la « représentation codée de l'environnement ». L'idée d'une sorte de *blue print* ne saurait avoir sa place. Ainsi, on passerait directement de ces activités locales et au départ aléatoires, à la dynamique qu'ils ont été à même d'observer dans les rayons de la ruche où l'élevage du couvain témoigne de son efficacité.

Entre ce point de départ et d'arrivée, qu'est-ce qui se passe ? Une « émergence » due à des phénomènes d'auto-organisation, voilà l'explication qui semble pour eux résoudre le problème, ou en tout cas, qui devrait permettre de progresser dans la compréhension des phénomènes observés.

(d) Leur « erreur » (Camazine et coll., 1990) n'est-elle pas alors de proposer, dans l'idée peut-être de mieux faire accepter cette idéologie, un modèle mathématique qui rendrait compte de ces phénomènes, alors que nous allons voir qu'il affaiblit la portée de l'affirmation qui précède ? Ainsi, dans le travail cité, on trouve une série d'équations rendant compte de la répartition concentrique du couvain, du pollen et du miel (avec même une équation pour le comportement de la reine). *Mais la loi inhérente à la modélisation bio-mathématique est que le modèle ait quelque chose qui lui corresponde dans le système concret* – que le modèle soit phénoménologique ou qu'il soit un modèle de connaissance. Si les phénomènes d'AO « obéissent » à un système d'équations différentielles, alors le concept d'AO s'effondre, du moins quand la tentative se réduit à ce seul pôle. L'explication complète impose qu'il y ait eu *immergence d'une hétéro-organisation.*

Cette équivoque est manifeste à qui sait lire : " We present a mathematical model that generates the characteristic concentric patterns of broad, pollen and honey which develops on the combs of a honeybee colony... Our model demonstrates how a colony – level pattern arises from the dynamic interactions of many bees

using simple behavioral rules ». Selon nous, *ça ne prouve qu'une chose, que l'auto-organisation n'est pas due seulement à des interactions locales, mais qu'elle doit aussi se conformer à un modèle.* Le *blue-print* qu'ils récusaient, ce sont eux qui en prouvent la nécessité. Comme le disait Gödel à propos de la théorie des types, l'AO se montre au moins utile, voire indispensable, comme un « marchepied » vers un système plus satisfaisant.

La difficulté qui apparaît alors, et qui explique en partie les interprétations des auteurs, est que l'on ne situe pas très bien où serait engrammé ce modèle : dans chaque individu, holographiquement, ou dans une représentation collective niée d'ailleurs *a priori* comme on l'a vu ? Signalons au moins qu'il n'est pas étonnant de justifier des comportements par des motivations qui ne sont pas consciemment représentées chez des individus. Nous faisons allusion à l'inconscient humain dont l'hypothèse paraît vérifiée par l'influence qu'il exerce sur la parole, les gestes et les finalités aussi bien individuelles que collectives des êtres humains. D'autres faits qui auraient ici leur place ont été reportés dans le chapitre précédent, où ils illustraient la présence constante de ce qu'on peut appeler des couples ago-antagonistes *à tous les niveaux* chez les êtres vivants (stimulation-inhibition, détermination réciproque des niveaux d'organisation, régulation « chaude-froide »...).

Citons encore, en tant que dernier exemple, le problème concernant le repliement des protéines. Il est admis que la structure primaire [5] des protéines détermine à elle seule, au moins en grande partie, sa forme définitive (tertiaire). Celle-ci est réalisée par des *interactions locales* entre les divers éléments de la chaîne d'amino-acides : effets hydrophobes, liaisons hydrogène, interactions du type van de Waals, ponts covalents – tandis que l'énergie totale du système est minimisée. Par exemple, le repliement de l'hémoglobine va former une sorte de poche abritant la molécule d'hème. Les limites de cette poche sont assez rigides alors qu'elle est entourée par une structure globulaire plus flexible. L'influence de l'environnement, entraînant la fixation de O_2 sur l'hème, modifie la structure de l'hémoglobine, qui reprend son aspect initial après le départ d'O_2.

On pourrait donc croire que le concept de AO est habilité à rendre compte de la morphogenèse des protéines. Cependant, on voit bien que cette « AO » survient dans le cadre d'une planification ou d'une hétéro-organisation (HO) qui vont bien au-delà du rôle (indiscutable) joué par les interactions locales : (α) d'abord, la structure primaire appartient déjà à cette HO ; (β) ensuite, les diverses structures [primaire, secondaire, tertiaire, quaternaire (assemblées de molécules)] protéiniques, sont « calculées » en relation avec le tout du fonctionnement de l'organisme,

5. La structure primaire des protéines correspond à la chaîne linéaire des amino-acides construite à partir du programme génétique, juste après la traduction du message apporté par l'ARN.

et en vue d'un rôle physiologique défini ; (γ) mieux encore, il y a indiscutablement une sorte de planification « au-dessus » du niveau génétique, même si elle n'est pas directement accessible aux méthodes d'investigation biologique : en effet, des changements dans la combinaison des gènes, voire des mutations géniques, peuvent être à l'origine d'une protéine un peu modifiée qui néanmoins pourra remplir la même fonction, tandis que des changements différents au niveau génique induiront des effets pathologiques ; (δ) on peut aussi remarquer que ces protéines, dans le cas de l'hémoglobine par exemple, ont une structure qui leur permet d'accomplir une fonction dichotomique, consistant dans l'alternance entre deux formes liées au transport d'un gaz essentiel à la vie (d'où la constatation d'un nouveau couple ago-antagoniste associant *liaison* et *libération*).

F. Bailly (1991) a bien montré que la notion de « fonction physiologique vitale » ne trouve pas bien sa place dans les processus d'AO. Faisant de cette fonction un tiers entre le pôle de la réduction analytique et « atomistique » et celui de la réduction morphologique (soit d'une part dans notre précédent exemple, la séquence des acides-aminés et d'autre part la forme de la protéine définitive, tandis que la fonction est celle du transport d'O_2), il trouve que « la représentation auto- ne laisse pas vraiment de place à la notion de fonction vitale dans l'acception prise ici... ». Rappelons aussi sa conception de la fractalité, qui, tout comme pour nous le *logos* AA, tend à relativiser la notion de « niveau » : la même structure se répète à diverses échelles, plutôt qu'à divers « niveaux » au sens que l'AO leur prête.

Sans avoir évoqué le concept d'HO, d'autres auteurs arrivent aussi à la conclusion que l'AO n'est pas un concept « auto-suffisant ». Dans le livre édité par G. Van de Vijver (1992), on trouve ainsi deux contributions importantes. D'abord, celle de F. Vandamme : acceptant que l'AO se développe en terme de « clôture opérationnelle » comme c'est l'opinion la plus répandue, de même qu'en terme d'« ouverture structurale » (à partir des travaux de H. Maturana et/ou F. Varela, entre autres), il estime néanmoins que cette dernière doit permettre l'intervention de ce qu'il appelle des *self-organization operators (structure generating operators, structure eliminating operators, classificatory, analogy, abduction, repetition, linking... operators).* Certes, il reste que dans son esprit ces opérateurs seraient encore produits par le système s'auto-organisant (une culture, une entité politique, un groupe de recherches, un groupe religieux, un individu, un système informatique, une technologie de la connaissance...), quoiqu'ils puissent être aussi le résultat d'actions en provenance d'autres organisations (parallèles ou supérieures). Mais, s'il avait fait un pas (épistémologique) de plus, les opérateurs de l'AO apparaîtraient dans le champ de l'HO, et pourraient entrer en compétition dialectique avec l'AO. Quant à P. Livet, ce qui est important pour lui

dans le processus d'AO, ce n'est pas qu'un état d'équilibre nouveau soit engendré – ce qui lui paraît bien trivial – mais la *catégorisation de l'équilibre* : à savoir qu'il doit être un « bon » équilibre. Là aussi, on peut avoir l'impression, pour décider du « bon » ou du « mauvais », que l'AO exige une sorte de jugement normatif (moral ?) qui viendrait d'ailleurs. Dans son article, cet auteur rappelle en outre la position de R. W. Ashby (1962) vis-à-vis du concept d'AO. Pour ce dernier, une machine étant une fonction, l'AO entraîne que la fonction f, qui déterminerait le changement dans les états internes du système, change elle-même en fonction de ces états. Il faut donc admettre une métafonction, dont f serait une variable avec des changements en fonction du temps. Cette condition est à l'origine d'un dilemne : ou l'AO est impossible – en niant la distinction entre fonction et variable –, ou elle est triviale – tel un cas dégénéré de la dynamique des systèmes avec apparition au cours du temps de bifurcations faisant passer d'un état d'équilibre du système à un autre état d'équilibre (comme d'ailleurs c'est le cas des modèles différentiels de l'AO signalés et que nous reverrons plus loin). Ashby ne conclut évidemment pas en la nécessité d'une HO, mais il ne concevait pas que cette AO put donner lieu à une modélisation mathématique qui lui soit propre. L'article se poursuit avec une critique des recherches de H. Von Foerster, elles-mêmes à l'origine des conceptions de l'AO que nous examinons dans le présent travail. Par ailleurs, une étude de Colomar et Tatay (1994) conclut en l'existence d'une « double facette » pour la définition de l'AO, « transfiguration » et « incarnation » (respectivement formalisation de la cause finale et de la cause efficiente).

V. CRITIQUE DE L'AUTO-ORGANISATION THÉORIQUE

Enfin, pour ce qui est des « preuves » apportées par les théoriciens de l'auto-organisation quant à la mise en évidence de ce phénomène avec des dispositifs mathématiques et informatiques, elles nous paraissent tout aussi « biaisées ». La critique des « preuves » de l'existence d'une auto-organisation théorique apportées par diverses simulations, est tout aussi facile que dans les précédents exemples – quoique je n'ai pas la prétention d'arracher le lecteur à un consensus qui satisfait à peu près tout le monde. Les destructeurs d'idoles sucitent toujours moins d'enthousiasme que les idoles, encore que j'ai beaucoup d'estime pour les théoriciens de l'AO. Ils n'ont pas trouvé la vérité, mais une demi-vérité, ce qui n'est déjà pas mal, et, sans ironie, je leur suis redevable de m'avoir donné l'occasion de critiquer le concept d'AO et d'inscrire leurs recherches dans un cadre plus satisfaisant.

Donc, en poursuivant pour ces modèles le raisonnement amorcé avec le problème des ruches, on constate :

– que l'aléatoire, les fluctuations, les interactions entre éléments ne produisent jamais à elles seules de *patterns* ou de structures,

– si on n'a pas introduit un système déjà bien organisé entre l'aléatoire et le résultat constaté : soit qu'il s'agisse des équations différentielles non-linéaires du *brusselator* (Nicolis et Prigogine, 1977), soit qu'il s'agisse des *réseaux d'automates* qui ont tant excité l'imagination des concepteurs depuis le « jeu de la vie », mais qui révèlent tous que l'existence du protocole informatique est oublié quand ces concepteurs insistent sur la spontanéité des phénomènes observés.

On s'est donc donné beaucoup de mal pour faire apparaître l'AO, sans se rendre compte que l'AO n'existerait pas sans l'« hétéro-organisation » de l'AO. Ou encore, on peut dire que l'AO est capable de faire apparaître les *patterns* et les structures les plus variées qui soient, *sauf les dispositifs parfois sophistiqués qui leur permettent d'apparaître.* Ainsi F. Varela (1989) semble pouvoir démontrer l'apparition d'une « unité autopoiétique » à partir d'un dispositif inspiré de la théorie des automates : ce dispositif a recours aux concepts de composition, de concaténation et de désintégration. Pour parler vraiment d'autopoièse, il aurait fallu, semble-t-il, que l'unité en question invente, (auto-)organise d'abord ces concepts qui lui permettent seuls d'apparaître !

Plus récemment un original « jeu de la vie » a été proposé par M.A. Nowak et R.M. May (1992). Ce jeu spatial, où se dessinent aussi des figures sur l'écran de l'ordinateur, génère ce que les auteurs appellent « un kaléidoscope évolutionniste » qui révèle d'ailleurs une dynamique chaotique (sous forme d'attracteurs étranges ou d'images de type fractale). Les auteurs n'utilisent cependant pas le terme de AO pour rendre compte des résultats obtenus. Si l'on veut définir de quelle HO il s'agit – dans la mesure où l'on voudrait y voir une AO –, elle se trouve caractérisée par les règles imposées au réseau d'automates qui engendre les formes et les *patterns*. Celles-ci sont assez inattendues, puisque inspirées de fameux *Dilemne du Prisonnier*. De plus, la symétrie initiales de ces figures est maintenue tout au long de l'évolution du jeu, « parce que les règles du jeu sont symétriques ».

Il doit en être de même pour tous les modèles mathématiques qui ont quelque rapport avec le concept d'AO. Cependant une évolution semble avoir lieu chez leurs concepteurs. Nous avons vu comment les modèles hiérarchiques écologiques de P. Auger s'intéressaient de plus en plus à l'interface entre deux niveaux. De même, la modélisation des émergences reposant sur la théorie des catégories chez

A.C. Ehresmann et J.P. Vanbremeersch (1991) débouche actuellement sur une interrogation concernant la coexistence de l'émergence et de la téléologie – ou encore la notion de « paramètre d'ordre » chez H. Haken (1988).

On ne peut passer sous silence le scepticisme de certains épistémologues, comme H. Pattee sur la possibilité de générer une AO par un modèle mathématique, même s'ils ont tendance à accepter le concept tel quel. Pour E. Bonabeau (1993), le réductionnisme informatique lui fait douter qu'il permette de modéliser l'« émergence » et les « caractéristiques profondes du vivant », quoiqu'il pense que les modèles de la « vie artificielle » puissent aider au développement de la biologie théorique. En ce qui nous concerne (Bernard-Weil, 1988), il paraît infiniment douteux que des modélisations puissent simuler l'innovation. L'exploitation des possibilités offertes par un modèle – même si les bifurcations observées sont innombrables et imprédictibles – ne paraît pas pouvoir déboucher sur une situation de création. Les *extra-features* de la simulation, c'est-à-dire ce qui n'est pas simulable, pourraient seuls expliquer l'apparition de la nouveauté. Mais nous entrons dans un domaine qu'il n'est pas possible de développer ici. Rendre compte de ce domaine ne paraît pas d'ailleurs indispensable à la vue d'ensemble sur AO et HO qui est proposée ici [6].

Sauf pour l'exemple du « kaléidoscope évolutionniste », nous n'avons pas parlé des modèles chaotiques proposés pour illustrer le concept d'AO, notamment dans une perspective évolutionniste. On peut citer les modèles de S.A. Kauffmann et S. Johnsen (1991), de J.C. Allen et coll. (1993), de R. Ferrière et M. Gatto (1993). En effet, la dynamique chaotique (DC) semble jouer un rôle dans les processus de sélection des espèces et dans l'équilibration écologique entre les espèces. Pour certains des auteurs cités, cette dynamique, longtemps contestée dans ce domaine, assurerait une meilleure régulation que les dynamiques périodiques ou quasi-périodiques. Quoiqu'il en soit, la DC n'a aucune raison de faire disparaître les contraintes liées à l'existence, au respect et à la conservation des couples ago-antagonistes que nous avons repérés, et *avec lesquels l'« évolution » doit composer* – quelle que soit la créativité de sa dynamique.

6. Il faudrait se reporter à *la huitième caractéristique de la systémique ago-antagoniste* : le « méta-modèle des modèles « universels ». En deux mots, il est des modèles généraux, tels le modèle AA, qui relativisent la notion de niveau, puisque le même *pattern* ou *logos* se répète à tous ces niveaux. Cependant, même un modèle « universel » ne l'est pas complètement, il réclame logiquement un méta-modèle, de « niveau » supérieur, dont il est facile de montrer qu'on ne peut le décrire avec le modèle « universel », ni bien entendu le modéliser. Ce méta-modèle pourrait néanmoins constituer la sphère de la créativité et de l'innovation. Pour être plus clair, le méta-modèle serait le « lieu » de la *création* d'un couple AA, et la modélisation AA ne serait là que pour en assurer la *gestion*, l'*équilibration* et la « *viabilité* ». Quand une forme ou une structure vraiment nouvelle apparaît, ou est apparue, nous pouvons admettre un *passage par le méta-modèle des modèles « universels »*. « Tout de suite » après, tout rentre dans l'ordre de la modélisation, mais elle s'est « momentanément » interrompue. En termes AA, le nouveau couple vient s'insérer dans le réseau des couples AA existants. En particulier, le couple AO-HO participe à son « épanouissement ».

Rappelons d'ailleurs que selon certains auteurs (Bernard-Weil, 1991), contrôle et DC ne sont pas incompatibles (si l'on assimile le contrôle à la reprise en main d'une hétéro-organisation défaillante). Il s'agit d'un contrôle qui ne se préoccupe pas de changer la nature de la dynamique, c'est-à-dire de réduire le chaos, ce dernier étant plutôt favorable « à petites doses » (dimensionalité pas trop élevée) au bon fonctionnement des systèmes biologiques. Mais ce contrôle vise à modifier certaines propriétés des attracteurs étranges à ranger dans le domaine des invariants de la DC : par exemple, la topologie de ces attracteurs étranges dans l'espace de phase qui peut être physiologique ou pathologique (exemple des valeurs des sécrétions endocriniennes – s'il s'avérait qu'ils obéissent à une DC – dont la moyenne, pour un temps d'observation assez long, est une constante, conformément à l'hypothèse ergodique).

CONCLUSIONS

Mais pour penser les couples formés par auto-organisation et hétéro-organisation (HO), par émergence et immergence, il faut avoir pénétré dans le phylum ago-antagoniste, qui est en général étranger aux théoriciens de l'AO. Dans notre cas, la systémique ago-antagoniste (SAA) [7] (Bernard-Weil, 1975, 1992b) permet d'aller au-delà de la constatation pure et simple des dualités, des dichotomies ou de la *coincidentia oppositorum*, et d'y trouver aussi bien un système d'explication du monde qu'un instrument d'action sur lui (quand c'est nécessaire, et en absence de toute idéologie de la maîtrise de ce monde). En ce qui nous concerne, cette voie systémique est apparue d'abord dans un domaine concret (la bio-médecine). Pour qui voudrait la suivre, nous pensons que toute tentative de s'approprier cette voie passe *par sa redécouverte dans un domaine concret qui lui est familier* (gestion, économie, sciences humaines...). C'est dire que l'exposé des principes de la SAA sous la forme d'un système général ne représente qu'une partie de la pédagogie systémique en ce domaine. Disons au moins que l'étude des *huit caractéristiques épistémologiques de la SAA* peut aider dans cette voie. Une fois qu'on y a fait quelques pas, on comprend facilement comment arriver à « penser à la fois » des points de vue opposés (à pratiquer simultanément ou alternativement des actions également opposées) – et particulièrement à saisir les articulations entre AO

7. L'antagonisme entre les deux éléments d'un couple AA correspond au fait qu'ils ont des actions opposées sur certains des récepteurs de ces forces, l'agonisme au fait qu'ils ont des actions de même sens sur d'autres récepteurs – avec une régulation qui permet de satisfaire, ou non, aux normes liées à l'ago-antagonisme [par exemple, norme antagoniste ($x-y=0$), norme agoniste ($x+y=a$)].

et HO, entre émergence et immergence. Même si l'on commence par la simple lecture du présent article, elle peut constituer une première étape propédeutique dans cette « initiation » à la SAA. Pour nous résumer, la SAA construit des modèles d'équilibre et de croissance, avec une insistance portée sur la *viabilité* des couples ainsi formés. La SAA doit permettre à ceux qui ont eu le regard toujours fixé sur les concepts d'AO et d'émergence, de faire un demi-tour pour contempler ceux de l'HO et de l'immergence, *et ensuite de tourner sur eux-mêmes de façon à ce que les paires de concepts forment chacune une unité fonctionnelle et vivante* (et non une synthèse formellement exclue par l'épistémologie AA).

Terminons sur ce point avec quelques remarques ne concernant pas le niveau du biologique, mais qui ont trait aux sciences humaines proprement dites. Posons par exemple avec J.-L. Vullierme (1989) le problème de la pseudo-émergence du « politique » à partir du « social ». Cet auteur ne refuse pas dans son vocabulaire les termes d'AO et d'émergence, mais finalement il en réduira fortement l'aspect dogmatique au terme d'une recherche qui mettra en évidence une circularité – et non pas une séquence orientée – entre le politique et le social. Distinguant après Aristote d'une part les *oikoi* ou groupes familiaux, professionnels, religieux constitutifs du social, d'autre part la communauté autonome (CA) ou assemblée délibérative qui est le propre du politique, il montrera que leur apparition est pour ainsi dire simultanée : la CA est faite pour garantir l'autonomie des *oikoi*, mais, pour que la CA apparaisse, il faut que les *oikoi* aient déjà atteint un certain degré d'autonomie : « Ainsi la thèse devenue évidente d'après laquelle la souveraineté législative est le fondement de l'organisation politique, se heurte à cette nécessité systémique [que nous identifierons à une HO] que la communauté soit déjà présente, auto-assemblée et déjà partiellement auto-organisée, pour qu'une commande de régulation puisse y prendre place ».

Nous-mêmes avons étudié des « circularités » (1992a) qui interdisent finalement de situer l'une au-dessus de l'autre des propriétés considérées habituellement comme des « niveaux » et dont seul un choix arbitraire a pu entraîner une pseudo-hiérarchisation. Il en est ainsi du couple « surveiller-punir » (en fait « savoir-pouvoir ») de M. Foucault, du couple « contenant-contenu » à propos d'une exégèse biblique de l'*Exode*, ou du couple « règle-usage de la règle » chez Wittgenstein. Les deux éléments de ces couples sont donnés ensemble encore que cette donation n'est effective que si on est disposé à la recevoir comme telle. Et l'idée de se situer à un méta-niveau pour résoudre ce qu'on qualifie d'aporie (car pour certains, seule la résolution à ce niveau ou le choix pur et simple de l'élément dominant donnerait une issue rationnelle et logique à cette insupportable circularité) nous paraît irrecevable. *Il n'existe pas de « niveau » (ou de système ou de théorie) qui ne soit structuré par des couples dont les éléments sont tour à tour antécédents et conséquents.* L'hétérogénéité interne de ces couples, comme l'abîme qui sépare les éléments du couple, n'interdisent pas pour autant leur fonctionnement dans l'unité du couple, et ce fait a été bien souligné par divers auteurs [Lyotard (1975) par exemple, au moins en ce qui concerne l'hétérogénéité].

Ces quelques exemples, complétés par ceux que le lecteur tirera de son expérience, devraient faciliter encore l'intuition de ce que la SAA entend par couples HO-AO, émergence-immergence. Qui plus est, chacun de ces deux couples, et c'est valable pour n'importe quel couple AA [8], peut constituer une nouvelle structure AA en se combinant avec un autre couple, et amorcer ainsi la constitution de ce qu'on peut appeler un réseau AA. Dernier exemple ici de ces réseaux, le réseau de couples ago-antagonistes constituant ce qui a été proposé comme « modèle de la vie ». Malgré son aspect « embryonnaire », on peut imaginer comment il est arrivé à prendre l'AO dans ses « filets ». Mais on peut tout aussi bien dire que la richesse de la pêche tient autant à la diversité des formes que l'HO ne peut à elle seule créer.

Références

J. C. ALLEN, W. M. SCHAFFER et D. ROSKO, Chaos reduces species extinction by amplifying local population noise, *Nature*, 1993, 364, p. 229-32.

R. W. ASHBY, Principles of the self-organizing system, in *International tracts in computer science and technology and their application*, vol. 9: Principles of self-organization, Édité par H. Von Foerster and G. W. Zopf, Pergamon Press, Oxford, pp. 255-278

P. AUGER, *Dynamics and Thermodynamics in Hierarchically Organized Systems*, Pergamon Press, Oxford, 1989.

F. BAILLY, L'anneau des disciplines, *Rev. Internat. Systémique* 1991, 5, p. 235-399.

S. BEER, *The Brain of the Firm*, J. Wiley and Sons, Chichester, 1979, et *The Hearth of the Firm*, J. Wiley and Sons, 1981.

E. BERNARD-WEIL, *L'Arc et la Corde*, Maloine, Paris, 1975.

E. BERNARD-WEIL, *Précis de Systémique Ago-Antagoniste. Introduction aux Stratégies Bilatérales*, L'Interdisciplinaire, Limonest, 1988.

E. BERNARD-WEIL, Is it possible to equilibrate the different "levels" of an imbalanced biological system by acting upon one of them only? Example of the agonistic antagonistic networks, *Acta Biotheoretica* 1991, 39, p. 271-285.

E. BERNARD-WEIL, Rythme et paradoxe en logique et biologie in *Les Rythmes. Lectures et Théories*, Edité par J.J. WUNENBURGER, L'Harmattan, 1992a, pp. 79-104.

E. BERNARD-WEIL, Agonistic antagonistic systemics: an introduction to bilateral - and paradoxically unilateral strategies, *Kybernetes* 1992b, 21, p. 47-66.

E. BONABEAU et G. THERAULAZ, Vie artificielle et sciences du vivant, in *Actes du Premier Congrès de l'AFCET*, 1993, pp. 167-183.

8. L'antagonisme correspond ici à une différence (les deux couples sont différents) et l'agonisme à ce qu'ils œuvrent ensemble (chacun des couples à la même fonction d'action et de régulation AA, quoique dans des domaines différents).

G. BOULIGAND, Role of singularities in morphogenesis, in *2nd Conference on Mathematics Applied to Biology and Medecine*, 1993 (to appear).

Y. BURNOD, Organization levels of the cerebral cortex: an integrated model, *Acta Biotheoretica* 1991, 39, p. 351-61.

S. CAMAZINE, Self-organizing pattern formation on the combs of honey bee colonies, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1991, 28, p. 61-76.

S. CAMAZINE, J. SNEYD, J. JENKINS et J. MURRAU, A mathematical model of self-organized pattern formation on the combs of honeybee colonies, *J. Theoret. Biol.*, 1990, 147, p. 553-71.

J. L. COLOMAR-SOLER et R. TATAY PEREZ DE ORTIVEROS, Fundamentos metafisicos de los sistemas naturales. Commentario al trabejo de Bernard Dugué, *Tercera Escuela Europea de Sistemas*, Édité par L. Ferrer Figueras, A. Caselles Moncho et R. Beneyto Torres, Ajuntament de Valencia, 1994, pp. 291-302.

C. DELAYE et B. CORBARA, De l'agent au super-agent : création de l'individualité à partir de mécanismes coopératifs, *Proc. IIth. European Congr. System Sci.*, Prague, 1993, pp. 840-49.

H. DENIS et J. P. MIGNOT, L'origine des Métazoaires, *Médecine/Sciences* 1994, 10, p. 551-63.

C. DE DUVE, *Construire une Cellule. Essai sur la Nature et l'Origine de la Vie*, Intereditions, Paris, 1990.

A. EHRESMANN et J. P. VANBREMEERSCH, Un modèle mathématique des systèmes, *Rev. Internat. Systémique*, 1991, 5, p. 5-25.

R. FERRIERE et M. GATTO, Chaotic population dynamics can result from natural selection, *Proc. Royal Soc. London - Ser. B*, 1993, 251, p. 33-8. Their "findings provide novel support for the view that chaos could be an optimal regime for several biological systems".

J. P. van GIGCH, Levels of logic and of abstraction and the metasystem paradigm, *Rev. Internat. Systémique* 1987, 1, p. 319-27.

K. GÖDEL, Russell's mathematical logics, in *The Library of Living Philosophers*. Edité par P. A. SCHILPP. Tudor Publ. Co, New York, pp. 125-153.

B. HAGENE et C. LENAY (M. LOCQUIN, responsable scientifique), *Aux origines de la vie*, Hachette/Fondation Diderot, Paris, 1986.

H. HAKEN, *Information and self-organization*, Springer, Berlin, New York, 1988.

S. A. KAUFFMANN et S. JOHNSEN, Co-evaluation to the edge of the chaos: couples fitness landscapes, posed states, and co-evolutionary avalanches, in *Artificial Life*, Edité par LANGTON, TAYLOR, FARMER et RASMUSSEN, Addison-Wesley, 1991.

E. LASZLO, *Introduction to Systems Philosophy*, Harper Torchbooks, New York, 1972.

P. LIVET, Second cybernetics: a double strategy for representing cognition in *New perspectives on Cybernetics. Self-organization, Autonomy and Connectionism*, Edité par G. Van de Vijver, Kluwer Academic Press, Dordrecht, 1992, pp. 147-156.

J. F. LYOTARD, Judicieux in *La Faculté de Juger, Colloque de Cerisy*, edité par J. F. LYOTARD, Editions de Minuit, 1985, pp. 195-236.

G. NICOLIS et I. PRIGOGINE, *Self-Organization in Nonequilibrium Systems*, John Wiley and Sons, New York, 1977.

M. A. NOWAK et R. M. MAY, Evolutionary games and spatial chaos, *Nature* 1992, 359, p. 826-29.

B. PAULRE, L'entreprise-système in *La Systémique. Théorie et Applications*, Edité par F. Le Gallou and B. Bouchon-Meunier, Lavoisier, Paris, pp. 259-275.

I. PRIGOGINE et I. STENGERS, *La Nouvelle Alliance*, Gallimard, Paris, 1978.

I. SPERLING, Morphogenèse virale in: *Logos et Théorie des Catastrophes, Colloque de Cerisy*, Edité par J. PETITOT, Patino, Genève, pp. 247-252.

G. THERAULAZ, J. GERVET et S. SEMENOFF, Social regulation of foraging activities in Polistes dominulus Christ: a systemic approach, *Behaviour* 1991, 116, p. 292-320.

F. VANDAMME, Self-organization and autonomy in a post-cybernetic perspective. Epistemologic issues in *New Perspectives on Cybernetics. Self-organisation, Autonomy and Connectionism*, Edité par G. Van de Vijver, Kluwer Academic Press, Dordrecht, 1992, pp. 97-103.

VARELA, *Autonomie et Connaissance*, Seuil, Paris, pp. 49-51.

J. L. VULLIERME, Modélisation systémique et compréhension ontologique en politique, *Rev. Internat. Systémique*, 1989, 2, p. 117-128.