

**Perspective contemporaine sur la réalité en
philosophie – Après Bachelard peut-on encore
parler du réel?**

Olivier PERRU, PR, U. Lyon 1.

Peut-on encore parler du réel?

- **Connaître à travers un temps et un espace atomisés.** Le temps et l'espace de la connaissance scientifique se subdivise et s'atomise. Le scientifique n'atteindrait plus le réel, seul le philosophe aurait cette prétention? Mais est-ce aussi simple?
- **Une connaissance scientifique non-immédiate** et contre-intuitive, un réel insaisissable. Les obstacles épistémologiques font qu'il n'y a pas de continuité entre la connaissance naturelle (ordinaire) et la connaissance scientifique. Celle-ci n'atteindrait que des faits partiels, reconstruits....
- **Emergence du tout**, genèse de la forme, pensée complexe. Le paradigme de la complexité parle-t-il du réel? Y aurait-il une autre voie, non réductionniste, pour dire la totalité dont nous croyons faire l'expérience?

Connaître à travers un temps et un espace atomisés...

- Gaston Bachelard a donné sa première critique de la philosophie bergsonienne de la durée dans *L'intuition de l'instant*, en 1931.
- André Parinaud écrit dans *Bachelard* :
« Quelle importance que le temps soit perçu comme une chance, une durée ou un instant ? C'est que, commente Gaston Bachelard, l'instant, pour Bergson, n'est 'qu'une coupure artificielle (...). L'intelligence, dans son inaptitude à suivre le vital, *immobilise le temps dans un présent toujours factice*. Ce présent, c'est un pur néant qui n'arrive même pas à séparer réellement le passé et l'avenir' ».

BACHELARD Gaston, 1931, *L'intuition de l'instant*, Stock, Paris.

PARINAUD André, 1996, *Bachelard*, Flammarion, Paris, p. 83.

- Parinaud cite la principale critique de Bachelard:

« Si l'instant est une fausse césure, le passé et l'avenir vont être bien difficile à distinguer puisqu'ils sont toujours artificiellement séparés. Il faut alors prendre la durée dans une unité indestructible. D'où toutes les conséquences de la philosophie bergsonienne : dans chacun de nos actes, dans le moindre de nos gestes on pourrait saisir le caractère achevé de ce qui s'ébauche, la fin dans les commencements, l'être et tout son devenir dans l'élan du germe ».

- « Le caractère lacuneux du temps, l'absence de cohésion substantielle appellent un effort de cohérence formelle ». GAGEY Jacques, 1969, *Gaston Bachelard ou la conversion à l'imaginaire*, Marcel Rivière, Paris. Cf. PARINAUD André, 1996, *op. cit.*, p. 99.
- Dans *La dialectique de la durée*, fidèle à sa méthode d'une épistémologie de l'hétérogène, Bachelard soulève une difficulté considérable du bergsonisme : **la durée, de même que la mémoire, formerait une continuité homogène** à partir de laquelle le vivant pourra se projeter dans l'avenir. Or, Bachelard a bien vu que la durée vécue dans la conscience est faite de souffrances, de rupture, de variations d'intensité dans l'activité, d'un rythme moins harmonieux que ne le rêve Bergson.
- La réalité chez Bachelard est perçue à travers un temps et un espace discontinus, elle est **désubstantialisée**, lacuneuse.

- « Nous verrons, écrit Bachelard, qu'il y a une hétérogénéité fondamentale au sein même de la durée vécue, active, créatrice et que, pour bien connaître ou utiliser le temps, il faut activer le rythme de la création et de la destruction, de l'œuvre et du repos. **Seule la paresse est homogène** ; on ne peut garder qu'en reconquérant ; on ne peut maintenir qu'en reprenant ». BACHELARD Gaston, 1936, *op. cit.*, pp. 8-9.
- « La pensée pure doit commencer par un refus de la vie ». Cette pensée pure doit se séparer complètement du vécu et penser le purement objectif, ce qui diffère radicalement du vivant. « La première pensée claire, c'est la pensée du néant ». BACHELARD Gaston, 1938, *op. cit.*, p. 9.
- Dans l'appréhension **de l'expérience externe**, Bachelard part du monde physique en tant qu'objet d'étude du physicien. C'est un monde déréalisé, le monde de la microphysique ou de la mécanique ondulatoire, un monde où la matière cède la place à divers signaux et formes d'énergie ; d'où l'interrogation du physicien sur le vide présent en toutes choses, en deçà du monde des apparences.
- L'œuvre poétique de Bachelard n'est-elle pas une manière de tenir davantage compte d'une réalité sensible, tangible, provoquant l'émotion?

- Bachelard suppose la vacuité dans les microphénomènes et une impossibilité de rejoindre le continu de la durée. Voici son argumentation :
- « Voulez-vous descendre au détail, préciser la connaissance scientifique d'une matière subtile et non plus la connaissance pragmatique d'un objet particulier ? (...) La matière, en s'effritant sous vos actions précises, finit par ne plus répondre qu'avec ambiguïté à vos enquêtes. Son existence précise devient aussi singulière que votre existence individuelle. **Les coïncidences entre sujet et objet vont s'atomiser. Elles ne dureront pas.** La matière subtile et précise, vous ne la trouverez plus toujours à la disposition de l'expérience. Il faut que vous attendiez qu'elle produise ses événements. Vous êtes maintenant dans l'attente pure et le néant n'est plus une attente trompée, l'absence n'est plus un déplacement. En fait, le microphénomène ne se produit qu'au nœud des coïncidences, il n'apparaît pas tout le long du fil. En dehors de ces coïncidences, il n'y a place pour aucune expérience ».

- « Cette vacuité dans le développement des microphénomènes, nous proposons d'abord de la constater franchement, de la prendre comme un fait. Nous faisons ensuite un pas de plus : nous mettons cette **vacuité au compte des faits, exactement de la même manière que la physique contemporaine met l'indétermination au compte des faits.** (...) Nous ne nous reconnaissons pas le droit d'imposer le continu quand nous constatons sans cesse et partout le discontinu ; **nous refusons de postuler le plein de la substance** puisque n'importe lequel de ses caractères apparaît dans le pointillé du divers. (...) Ajoutez autant de séries que vous voudrez, **rien ne prouve que vous atteindrez le continu de la durée.** Il est imprudent de supposer le continu, surtout lorsqu'on se souvient de l'existence d'ensembles mathématiques qui, tout en étant discontinus, ont la puissance du continu ». BACHELARD Gaston, 1938, *op. cit.*, p. 28.

- « Si Bachelard doit donc trancher, c'est en raison d'une expérience directe, positive de la '**réalité de l'instant**'. Ce sera même d'abord, cas unique dans son œuvre à notre connaissance, en raison d'une expérience qu'on doit dire 'existentielle', évoquée dans une formule admirable de douleur et de pudeur, de force et de simplicité: *Le deuil le plus cruel, c'est la conscience de l'avenir trahi, et quand survient l'instant déchirant où un être cher ferme les yeux...* ». F. Worms, *Bachelard et Bergson, Continuité et discontinuité*, p. 43.
- (L'expérience qui rend inacceptable pour Bachelard, la théorie bergsonienne de la durée, est, au delà de l'expérience physique du discontinu, l'expérience du deuil).

- « Ces livres (*L'intuition de l'instant* et *La dialectique de la durée*) apparaissent comme des réponses à Bergson autant que comme des tentatives pour étendre l'expérience relativiste à l'intuition d'un espace temps qui ne serait pas un nouvel absolu géométrique, mais bel et bien une nouvelle condition d'intelligibilité du temps lui-même. Le temps y trouve , en effet, une formulation algébrique, et plus précisément arithmétique, qui ouvre à l'intuition d'un **temps 'discontinu' et même 'punctiforme'** ... L'ordre arithmétique est chez Bachelard, le principe d'organisation des actes de l'esprit et des instants du monde ».

Elie During, *Bachelard et Bergson, Continuité et discontinuité?*, p.146.



Sous la direction de

Frédéric Worms

Jean-Jacques Wunenburger

Bachelard & Bergson

continuité et
discontinuité

puf

Une connaissance scientifique non immédiate et contre-intuitive... un réel insaisissable?

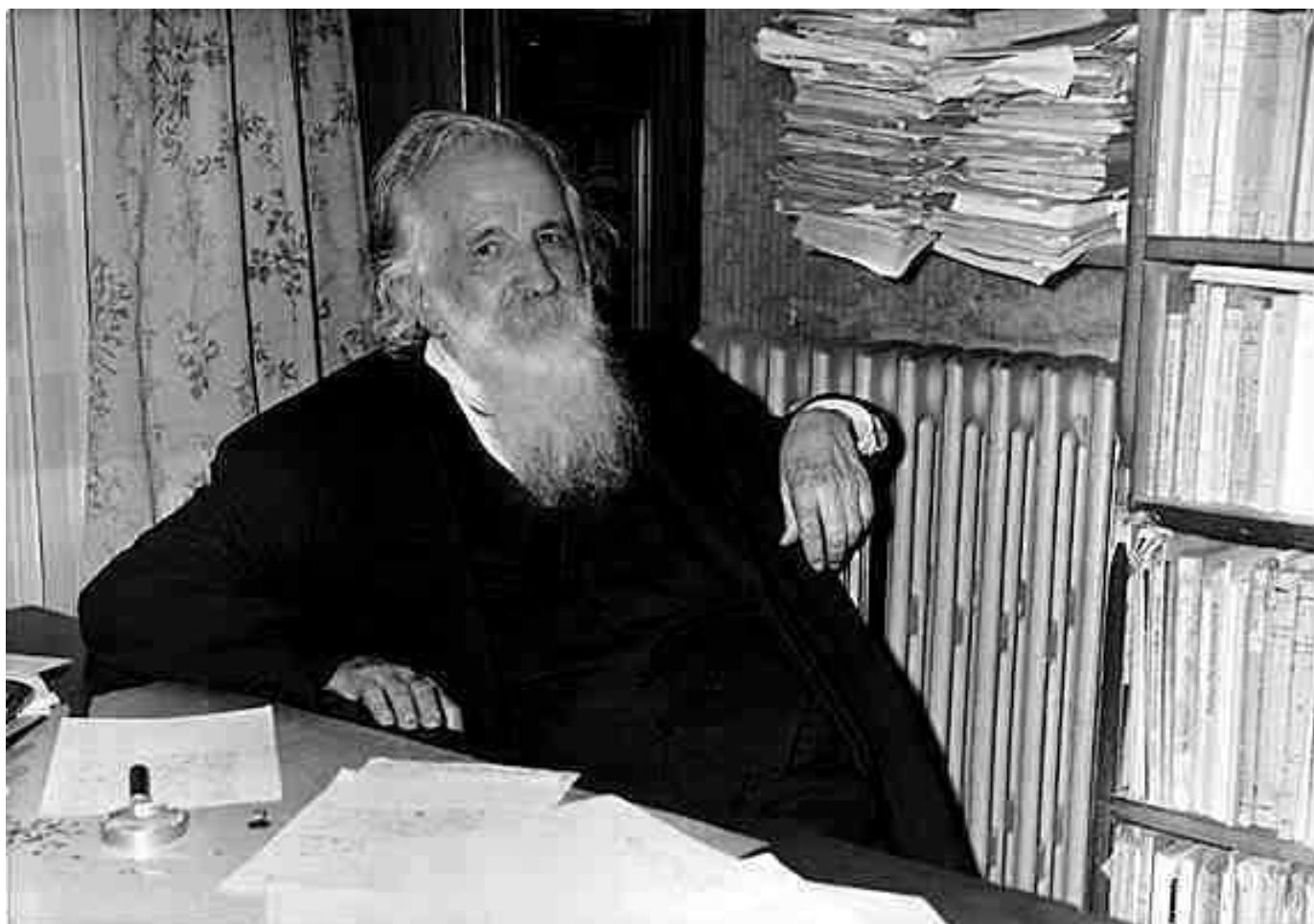
- *La formation de l'esprit scientifique* développe la notion **d'obstacle épistémologique** et décline les différents types d'obstacles qui se sont opposés au progrès de la connaissance scientifique dans l'histoire. **Postulat d'une réalité inaccessible comme telle au scientifique et de la nécessité de former un fait scientifique.**
- Emergence de la méthode bachelardienne qui sera aussi celle de Canguilhem: **épistémologie de la connaissance scientifique historiquement située.**
- Opérationnalité de cette notion d'obstacle épistémologique aussi bien dans l'histoire de l'invention des sciences modernes que dans l'apprentissage de chacun (utilité en didactique). Les divers types d'obstacle épistémologique mis en évidence par Bachelard, correspondent à diverses confusions dans l'histoire des sciences, **et dans les apprentissages.** Obstacle = confusion naturel/scientifique

- **L'obstacle épistémologique**
 - **Demande une mise en lumière pour mieux être dépassé.**
 - **Est situé du côté de la subjectivité du scientifique, cet obstacle est enraciné dans l'activité du « connaître ».**
 - **Est connexe aux différentes phases de l'acte de connaître.**
- Le premier obstacle est **au niveau de l'expérience qui permet de former le fait scientifique. Obstacle de la connaissance « naturelle »**
- Puis on distingue dans l'appréhension du fait scientifique, différents types d'obstacles:
 - **L'obstacle du à l'imagination:** utilisation d'images qui ne s'appliquent pas à la connaissance analytique du fait envisagé (« extension des images familières »)

- **L'obstacle du à l'abstraction/généralisation** : tendance à généraliser de façon abusive dans la connaissance scientifique; il y a des limites dans le caractère « universel » des lois et des conclusions scientifiques.
- **L'obstacle de la fin envisagée**: idée, très présente au 18^{ème} siècle, que la détermination des phénomènes scientifiques porte en soi une fin utilitaire. Les phénomènes mécaniques et du vivant sont vus en vue du « fonctionnement » de la « machine ».
- **L'obstacle substantialiste**: confusion entre l'aspect connaissable de l'objet connu (je connais un objet sous tel aspect, par telle méthode) et son caractère substantiel. Confusion entre le « réel » et l'intelligible, entre la substance et l'essence. **Il y a ce que je connais et il y a le caractère substantiel, existentiel de la réalité, l'être-là.**

- **L'obstacle animiste.** On est tenté d'étendre l'intuition d'un principe de vie ou des propriétés du vivant au monde inerte et à d'autres domaines du savoir. **Confusion entre ce qui relève du mécanique et ce qui relève du biologique,** confusion plus fréquente qu'on ne croit:
- Extension de la vie à la matière inerte, cas de l'électricité vue comme vivacité au 18^{ème} siècle.
 - Confusion entre fonction organique et production de la vie (le mythe de la digestion).
 - Confusion entre psychologie humaine et biologie (historiquement, projection de la psychologie sur la biologie).

Si apparemment Gaston Bachelard accorde à la notion d'obstacle épistémologique, une valeur surtout historique, il faut aussi développer cette notion dans la méthodologie de la science contemporaine et en didactique. **L'obstacle est toujours la confusion, la science met en valeur un fait, elle n'accède jamais à la totalité du réel.**



Les divers obstacles épistémologiques: le problème de l'expérience.

- Gaston Bachelard parle d'expérience première et explique que l'esprit scientifique doit combattre l'immédiateté du donné de la nature. Cf. Descartes: se méfier de ce qu'enseignant les sens.
- Bachelard écrit: « L'esprit scientifique doit se former contre la nature, contre ce qui est en nous et hors de nous, l'impulsion et l'instruction de la nature, contre l'entraînement naturel, contre le fait coloré et divers ». (FES, p. 23). Il semble que « le fait coloré et divers soit plus présent dans l'œuvre poétique de GB.
- Différence de démarche entre science positive et philosophie de la nature:
 - **Le scientifique fait abstraction de ce qui paraît trop naturel, ordinaire dans les phénomènes observés**; il se concentre sur un aspect des choses qu'il isole et tente d'objectiver le plus possible (en faisant ressortir un fait scientifique, la mesure d'un caractère ou d'un phénomène).

- **Le philosophe de la nature peut intégrer une épistémologie des sciences mais aussi l'expérience humaine commune** de la nature, du devenir, du mouvement. Ce n'est pas du tout la même démarche, même si on met souvent l'épistémologie des sciences physiques sous le chapeau commun de philosophie de la nature.

Problème de la démarche réductionniste en sciences:

*épistémologie et philosophie de la nature aident à y voir clair dans ce qu'on atteint de l'objet connu à travers telle démarche.

*aujourd'hui, n'est-on pas parvenu au bout de la démarche réductionniste? Nécessité de reconstruire l'objet physique ou vivant, par exemple, de représenter la multiplicité des interactions qui font la vie organique.

- L'expérience comporte des obstacles épistémologiques. Aux 17^{ème} et 18^{ème} siècles, les sciences expérimentales sont mal distinguées de la philosophie de la nature, d'une part, de la vie quotidienne, d'autre part.
- **Bachelard insiste sur la nature de l'expérimentation scientifique, différente de l'expérience commune** (qui est de l'ordre de l'utile et du fonctionnel dans la société). Exemple de Buffon pour la référence systématique à l'utilité. « Buffon ne veut plus juger des objets que par les rapports d'utilité ou de familiarité qu'ils ont avec nous; et sa grande raison pour cela, c'est qu'il nous est plus facile, plus agréable et plus utile de considérer les choses par rapport à nous que sous aucun autre point de vue » (citation de Pierre Flourens, FES, p. 93)

- On pourrait aussi citer les *Observations curieuses sur toutes les parties de la physique*, tome I, de Bougeant (1719).
L'auteur donne une foule d'observations sur des anomalies, des faits physiques ou biologique sortant plus ou moins de l'ordinaire. C'est la portée sociale, le retentissement de telle découverte ou affirmation, qui sont en jeu. Il s'agit d'observations enracinées dans la vie quotidienne, sans aucune recherche d'isoler des faits scientifiques.

- Bachelard insiste sur ce sujet. Il ne cite pas Bougeant mais Poncelet sur le tonnerre et la façon de l'appréhender à l'époque : « Ouvrez un livre scientifique du 18^{ème} siècle, vous vous rendrez compte qu'il est enraciné dans la vie quotidienne. L'auteur converse avec son lecteur comme un conférencier de salon. Il épouse les intérêts et les soucis naturels » (FES, p. 25).
- Pour Bachelard, **la modernité scientifique se caractérise par « la mise en forme rationnelle de l'expérience que détermine la position d'un problème »** (FES, p. 40). De fait, cela n'apparaît qu'à la fin du XVIIIe: c'est présent chez Lavoisier mais n'est pas acquis chez les auteurs d'avant 1760.
- L'expérience du scientifique n'est pas une simple observation de la nature ni un simple fait. Elle est « insérée dans un jeu de raisons multiples. Une telle théorie de la rationalisation discursive et complexe a contre elle, les convictions premières, le besoin d'immédiate certitude... » (FES, p. 41).

- **L'expérience en sciences est provoquée**, relative à des raisons que l'on justifie, à des hypothèses (de recherche et de travail). Elle est intégrée dans le raisonnement.
- Pour Bachelard, les « rationalisations prématurées » de l'esprit préscientifique sont d'ordre affectif, passionnel. Elles vont trop vite car reposent sur des observations superficielles, des concepts trop généraux. C'est aussi la supposition qu'il existe des passions idéologiques qui obscurcissent le fait scientifique: on veut que le fait corresponde bien à telle intuition, telle représentation générale du monde ... (Cf. FES, p. 41).
- Pour l'esprit scientifique, « un échec matériel est aussitôt un échec intellectuel, puisque l'empirisme scientifique même le plus modeste, se présente comme impliqué dans une contexture d'hypothèses rationnelles » (FES, p. 49).

Emergence du tout, genèse de la forme, pensée complexe.

Le paradigme de la complexité parle-t-il du réel?

- Le problème de l'explication de la forme (vivante ou non), à partir des éléments et des relations qui l'ont produite, n'est pas nouveau. La formation d'un "tout", vu comme un système complexe et émergent, est réalisé à partir de "parties" distinctes, en particulier dans les systèmes vivants.
- D'après Corning (1995), la question de la complexité recouvre celle des relations entre la partie et le tout. Mais ces relations peuvent s'intégrer aussi bien dans un organisme vivant (relations physiologiques, régulations) qu'entre deux organismes spécifiquement distincts mais appelés à construire une unité (symbiose, parasitisme), entre plusieurs organismes d'une organisation sociale (la bande, le groupe, la société), ou même entre les constituants les plus divers d'un écosystème.

- Dans la perspective de morphogenèse, c'est la formation de l'unité vivante organique qui nous intéresse (soit à l'intérieur d'une seule espèce, soit à partir d'une relation entre deux ou plusieurs espèces). La partie et le tout n'ont pas le même rôle dans chacun de ces cas. Corning (1995) considère que la relation entre les parties et le tout renvoie à de nombreuses et subtiles formes d'interdépendance.
- Problème: On ne peut pas mettre sur le même pied d'égalité la relation entre les parties d'un organisme et la relation entre des organismes plus ou moins autonomes à l'intérieur d'une association biologique. Les systèmes complexes comportent le risque de réduire à l'univocité la diversité des systèmes vivants.

- Dans le livre H de la *Métaphysique* d'Aristote, on lit : "Pour tout ce qui est pluralité de parties, et dont la totalité n'est pas comme une simple juxtaposition de parties, mais dont le tout est autre chose que l'assemblage des parties, il y a une cause d'unité" (1045 a 8-11).
- Aristote veut dire non seulement que, dans certaines réalités **le tout est plus que l'assemblage des parties, mais encore que dans ces mêmes réalités, il y a une cause de l'unité.**
- La cause efficiente devient la condition sine qua non. La recherche de la cause de la forme et de l'unité du vivant est remplacée par la constatation qu'il existe un tissu d'interrelations, ce qui est la base du travail de simulation. Cela donne l'impression d'une causalité circulaire, voire d'une absence de causalité, du moins dans la perspective cartésienne du rapport de la cause à l'effet.

- On peut déjà retenir de l'analyse aristotélicienne du tout et de la partie, **la non-réductibilité du tout aux éléments matériels.**
- Dans les simulations des phénomènes complexes, la finalité paraît ramenée analogiquement à un effet de la formalisation envisagée. C'est par le point d'aboutissement de cette formalisation que nous comprenons les conséquences ultimes du phénomène biologique étudié.
- Pourquoi ce détour par Aristote et par le problème du tout et de la partie ? La distinction ontologique entre les parties et le tout a-t-elle une quelconque utilité pour les théories modernes de la complexité ?

- En fait, Aristote a le mérite d'avoir posé le lien de nécessité entre les parties et le tout. Les parties sont toutes absolument nécessaires dans leur nature pour entraîner la constitution du tout, mais cette nécessité des parties ne dit rien de l'arrangement et de l'organisation de ces mêmes parties. Selon A., dans l'organisme, l'assemblage des parties est une disposition, une "puissance" à la vie, mais le vivant est acte. Ainsi ce détour par Aristote souligne deux niveaux distincts dans l'être et nous introduit à la question de l'émergence.

- D'après les travaux de John Holland, l'émergence représenterait la production de "beaucoup" à partir de "peu". Son critère: "**l'émergence doit être le produit de l'auto-organisation** et non pas du contrôle centralisé" (Corning, 2002, p. 21). Un autre américain, John Casti associe l'émergence à l'évolution continue de systèmes dynamiques. Le comportement de ces systèmes viendrait de **l'interaction entre leurs parties et il comporterait une part d'imprédictibilité**. La connaissance des parties isolées, même de leurs interactions potentielles, ne nous dirait rien sur l'évolution du système.
- Il y aurait donc une contradiction possible entre **l'approche de l'émergence par l'auto-organisation** avec une certaine **prédictibilité** théorique et **les systèmes dynamiques**, où le comportement de l'unité totale est **irréductible, imprévisible** et évolutif.
- Dans un cas, on aurait un **modèle plutôt explicatif et prédictif**, dans l'autre, **un modèle plutôt descriptif**. Ainsi, la modélisation des phénomènes émergents inclurait deux orientations différentes.

- Une tendance de la science contemporaine de la complexité prétend aboutir à des lois de l'émergence (position de Holland). Ce réductionnisme comporte la "boîte noire" des réseaux dont les générations successives aboutissent à des constantes ; tout se passe comme si, le réseau basé sur des principes simples de relations entre les nœuds, produisait de lui-même ses propres structures. **Il y a là une nouvelle forme de déterminisme.**
- Il s'agit d'opter pour une théorie unifiée de la complexité qui ne suscite pas de convergence. Si, à l'inverse de la position de Casti, **on suppose la prédictibilité du tout à partir des parties et de leurs interactions**, alors on choisira plus facilement la référence à des réseaux d'interactions.
- Dans la mesure où ces réseaux peuvent reproduire (?) une tendance de la matière à s'organiser elle-même, à l'inverse de la classique deuxième loi de la thermodynamique (entropie), ils seraient donc adaptés au traitement des données issues de parties du vivant en interaction.

- Mais la vie suppose toujours une part de hasard. C'est pourquoi il existe une autre voie, des approches moins prédictives mais qui présentent l'avantage de cerner de plus près les caractéristiques du phénomène étudié. Les systèmes dynamiques permettent de décrire des interactions entre des gènes ou entre des cogénomes au sein d'une unité de vie biologique.
- Ces modèles permettent de tenir compte d'un grand nombre de valeurs, les valeurs d'avantage ou de coûts associées aux génotypes, le taux de croissance de l'espèce, sa réduction éventuelle, des interactions avec l'environnement, etc.
- Dans la problématique de morphogenèse, nous regardons plutôt d'un point de vue historique et épistémologique les réseaux en tant que simulateurs de l'émergence de la vie et de la forme.

Les positions de Stuart A. Kauffman. Hypothèses sur les réseaux du vivant.

- Selon Kauffman, le point de départ de la réflexion sur la révision des positions darwiniennes en biologie est **l'existence d'un ordre spontané, non accidentel**.
- Une telle affirmation est étayée par des faits biologiques qui seraient autant de lieux de vérification de ces lois : **l'existence de systèmes moléculaires auto-catalytiques dans la cellule, les circuits d'activation et de répression des gènes, la co-évolution des écosystèmes** (Kauffman, 1995, p. 50). Tout le but de Kauffman, dans *The origins of order* (1993), *At home in the universe* (1995), *Investigations* (2000), est de découvrir des lois de la complexité, lois qui expliqueraient la capacité du vivant à élaborer un ordre, en renversant ainsi la pente naturelle de l'entropie. Cet ordre serait spontané et ne constituerait pas le résultat de la sélection naturelle, même s'il semble satisfaire aux critères de celle-ci.
- **“In this book, I propose that much of the order in the organisms may not be the result of selection at all, but of the spontaneous order of self-organized systems”** (Kauffman, 1995, p. 25).

STUART KAUFFMAN

AT HOME
IN THE



UNIVERSE

⊙ The Search for
the Laws of
Self-Organization
and Complexity

Copyright © 2000



- Son projet est donc de **situer l'auto-organisation en biologie comme une mise en ordre à partir de parties préexistantes**. Kauffman lui-même s'inscrit-il historiquement dans telle perspective ou tel courant d'idées ? Sur ce plan, il est intéressant de lire les premières pages de *Investigations* (2000).
- Dès les premières lignes du chapitre I (p. 2), l'auteur se réfère à Schrödinger et à son ouvrage *What is life ?* (1944). Il veut reprendre l'intuition de Schrödinger qui aurait manqué sa cible. Cette intuition porte essentiellement sur l'impossibilité de rendre compte de l'ordre dans l'organisme à partir d'un très grand nombre d'éléments fractionnés. Schrödinger avait entrevu le lien entre la structure de l'ADN, sa réplication et le codage de l'information génétique ; il avait aussi supposé que la source de l'ordre se trouverait ailleurs, d'où son essai de définition du gène comme "cristal a périodique".

- Mais l'essentiel de son propos, le caractère quantique supposé du matériel génétique, n'a pas permis de répondre à la question de la nature et de l'ordre de la vie. D'où l'intention de Kauffman de reprendre la question "What is life ?" dans la perspective des agents autonomes. **Les éléments des systèmes physiques se comporteraient comme des agents autonomes interagissant, coévoluant, construisant ensemble.**
- Un autre point où Kauffman reprend les idées de Schrödinger, c'est la question de la stabilité, de la permanence de la vie. **Pour Schrödinger, la vie implique la permanence et l'équilibre ; pour Kauffman, cet équilibre existe bien, mais dans une évolution au bord du chaos. Dans les deux cas, il s'agit de trouver l'expression de lois physiques, à travers les conditions évolutives de la vie : la vie comme continuité affirmée à la limite de l'éclatement. Il s'agit aussi de rendre compte de l'existence de possibles variations que le darwinisme admet, mais dont il ne rend pas compte.**

- Une autre tradition philosophique et scientifique présente derrière la recherche de Kauffman vient de ceux qu'il appelle "the rational morphologists", parmi lesquels il place Geoffroy Saint-Hilaire à qui il attribue la recherche de lois sous-jacentes rendant compte de la multiplicité des formes vivantes (Cf. Kauffman, 1993, p. 4).
Kauffman situe dans la suite de cette tradition, le concept de "laws of form" (structuralisme biologique, voir Goodwin B., Webster G., 1982 et Kauffman lui-même).
- En marge du darwinisme et dans la perspective de la recherche des causes de la forme, on peut citer le zoologiste J. Kälin qui publia en 1959 sur la causalité et la macroévolution ; on ne sait pas s'il a anticipé ou pas la discussion de l'auto-organisation en biologie (Reif, 2000, p. 384).

Les agents autonomes.

- Dans *Investigations* (2000), reprenant les conférences données en 1996 à l'Institut de Santa Fe, Kauffman parle beaucoup moins d'auto-organisation que d'agents autonomes et de complexité. Il s'agit de ces agents autonomes par lesquels la co-évolution construirait la biosphère (Cf. Kauffman, 2000, p. 4).
- Ici, Kauffman nous propose une vision générale et synthétique sur le rôle de la coévolution dans l'élaboration des divers niveaux de la vie biologique, des écosystèmes et de la biosphère. C'est quasiment une vision du monde. De prime abord, l'auteur semble étonnamment déterministe en exprimant **la spontanéité d'un ordre dynamique** et d'un ré-enchantement du monde ; il traduit une admiration devant la découverte de l'autonomie et de la continuité des structures de la vie.

- Ce qu'il s'agit d'expliquer, ce sont des formes d'êtres vivants en même temps que des fonctionnalités. Dans cette perspective, **les réseaux du vivant créeraient un monde de multiples formes.** Il est difficile de prédire comment la biosphère adopte une configuration et quelle configuration elle adopte.
- Kauffman insiste sur les caractéristiques fondamentales de la vie et des vivants, en particulier la continuité dans l'activité biologique et l'émergence ponctuelle du nouveau. Il en fait l'essentiel de sa vision du monde.

- “What is happening in a biosphere is that autonomous agents are coconstructing and propagating organizations of work, of constraint construction, and of task completion that continue to propagate and proliferate diversifying organization.
- This statement is just plain true. Look out your window, burrow down a foot or so, and try to establish what all the microscopic life is busy doing and building and has done for billions of years, let alone the macroscopic ecosystem of plants, herbivores, and carnivores that is slipping, sliding, hiding, hunting, bursting with flowers and leaves outside your windows. So, I think, we lack a concept of propagating organization.
- Then too there is a mystery of the emergence of novel functionalities in evolution where none existed before : hearing, sight, flight, language. Whence this novelty ? I was led to doubt what we could finitely prestate all possible adaptations that might arise in a biosphere. In turn, I was led to doubt that we can prestate the "configuration space" of a biosphere” (Kauffman, 2000, p. 5).

- Si l'organisation se propage, les structures des vivants sont à la fois prédéterminées (du point de vue de la forme) et indéterminées (en termes de sélection et d'adaptation des possibles). **Des formes organisées se propagent à travers les êtres vivants et les écosystèmes ; d'autres émergent** soudainement.
- Affirmer que l'organisation se propage signifie à la fois **une continuité et des ruptures dans le monde vivant**. Les simulations qui font appel à la théorie des agents autonomes impliquent **une nouvelle façon de situer une dialectique entre déterminisme** (la spontanéité d'un ordre aboutit à une forme donnée, organisée) **et indéterminisme** (la multiplicité des possibles permet des adaptations presque infinies).
- L'auteur conclut à l'existence d'agents autonomes dans la biosphère, à partir des propriétés des systèmes à l'équilibre et de l'expansion de l'organisation². Cette apparente conclusion est plutôt l'hypothèse qui sous-tend tout le livre. Suit un étonnement poétique face à la nature et à la vie, vues comme une sorte de création continue.

- Reprenons le but de Kauffman : concevoir de nouvelles lois de l'organisation et de la co-évolution du vivant; revoir les notions d'énergie et d'entropie, pour rendre compte de la vie comme système qui s'auto-construit, s'auto-entretient, puise en lui-même et dans son environnement l'énergie de son expansion.
- Au bout de n générations, tout processus impliquerait un équilibre, exprimé dans les réseaux par les cycles d'état d'attracteurs. Ainsi, il y aurait une prédiction possible des états finaux, des innovations de multiples agents en coaction.

- Comment situer cette perspective de Kauffman dans l'histoire de la biologie du développement et de la génétique ? Elle s'insérerait dans le débat contemporain entre embryologistes et généticiens, dans une histoire contemporaine du problème de la morphogenèse (théorie de Lewis Wolpert, champs morphogénétiques; structuralisme biologique de Goodwin et Webster).
- **Le structuralisme biologique repose sur l'assertion de lois universelles conduisant à un ordre complexe, à la limite du chaos.** Ce débat entre le génome et la reconnaissance des mécanismes épigénomiques se retrouve chez Kauffman où ce qui compte, c'est la stabilité du réseau des gènes, elle-même déterminée par la mise en place des attracteurs.