

Des faits !

Les phénomènes d'émergence: le tout est plus que la somme des parties

• Introduction historique

Le principe "le tout est plus que la somme des parties" est un principe universel qui a été énoncé déjà dans l'Antiquité par le philosophe grec Aristote ([1] 384-322 av. J.-C.). Ce principe de philosophie réaliste a été au cœur de la réflexion philosophique et théologique jusqu'à la fin du Moyen Age. Au XIV^e siècle un théologien anglais, Guillaume d'Occam (1285-1349), proposa un principe contraire appelé le "rasoir d'Occam". Ce dernier principe peut s'énoncer ainsi « les savants doivent utiliser les concepts les plus simples pour parvenir à leur résultat. » La science moderne, à partir de Galilée, eu tendance à suivre l'enseignement d'Occam et à réduire ainsi la complexité des choses en des éléments les plus simples possibles, tout en risquant souvent une certaine forme de réductionnisme. Le développement de la science du XX^e siècle va changer la donne à ce sujet.

• Les phénomènes d'émergence

Selon le principe du tout et de la partie, l'ordre de la nature diffère selon l'échelle de complexité des êtres considérés. Une telle différence, revendiquée par la philosophie de la nature depuis longtemps, est reconnue aujourd'hui par certains scientifiques. En effet, on retrouve une réflexion similaire dans l'étude des *phénomènes d'émergence*.

« Les lois qui régissent les parties d'un être matériel ne sont pas les mêmes que celles qui régissent le tout. »

En quelque sorte, les lois du tout émergent en raison de l'organisation des parties. La science rejoint alors le principe aristotélicien : « le tout est plus que la somme des parties ».

Explicitons un peu cette dernière affirmation. Lorsque la complexité de la nature augmente, il y a de nouveaux niveaux d'organisation qui ap-

Notre

existence

paraissent : par exemple, le biologique à partir des éléments chimiques, ou le psychologique à partir du neurophysiologique.

Deux principes sont donc présents dans les phénomènes d'émergence. D'une part, les nouveaux phénomènes restent dépendants des niveaux précédents, moins complexes. D'autre part, les nouveaux phénomènes ne peuvent pas être entièrement compris par les termes des lois régissant les niveaux inférieurs. Ces deux principes impliquent que les nouveaux niveaux d'organisation soient explicités dans des termes propres aux phénomènes émergents eux-mêmes. Les lois qui régissent un niveau supérieur ne sont donc pas réductibles aux lois des niveaux inférieurs.

On trouve de telles considérations sur les phénomènes d'émergence, par exemple, chez le physicien **Robert Laughlin** (né en 1950), prix Nobel de physique en 1998:

« "Le tout est plus que la somme de ses parties" n'est pas seulement une idée, mais aussi un phénomène physique : voilà le message que nous adresse la science physique. La nature n'est pas uniquement régie par une règle fondamentale microscopique, mais aussi par de puissants principes généraux d'organisation. Si certains de ces principes sont connus, l'immense majorité ne l'est pas. On en découvre constamment de nouveaux. [...] Donc, si un phénomène physique simple peut devenir indépendant des lois fondamentales dont il descend, nous le pouvons aussi. Je suis du carbone, mais peu importe. J'ai un sens qui transcende les atomes dont je suis fait. (cf. [2] p. 17) »



["The Birth of The New Human", Dali, 1943.]

Emergence d'un paradigme qui « réenchante » le monde.

Leur interprétation ?

Si nous reprenons le dernier exemple de Laughlin. Certes, l'homme est fait d'atomes de carbone, mais la nature qui est au principe de ses opérations ne peut pas s'expliquer par les lois de ces atomes, mais par la capacité qui émerge du tout : la forme essentielle qui détermine la matière de l'être humain. C'est donc l'organisation ou la forme qui crée les lois de la nature et non seulement la matière.

Du point de vue scientifique, c'est une proposition audacieuse que soutient Laughlin! Par conséquent, c'est cette forme, organisant la matière, qui constitue d'abord ce que nous appelons *la nature*. C'est l'importance d'une telle organisation que souligne le prix Nobel de physique.

« En passant dans l'ère de l'émergence, nous apprenons à accepter le bon sens, à cesser de banaliser les merveilles organisationnelles de la nature, à admettre que l'organisation est importante en soi - que c'est même, parfois, *le plus important*. (cf. [2] p. 274) »

Cette mise en évidence des phénomènes d'émergence contredit radicalement le *réductionnisme* de la science moderne. La connaissance des règles de physique régissant les particules élémentaires (microscopiques) ne nous permet pas de prédire concrètement le mouvement des objets réels (macroscopiques):

« Nous pouvons réfuter le mythe réductionniste en démontrant que les règles [des particules élémentaires] sont justes, puis en mettant au défi des esprits extrêmement subtils de s'en servir pour faire des prédictions sur des objets réels. (cf. [2] p. 263) »

a-t-elle

Par contre, de telles phénomènes redonnent du poids à la théorie aristotélicienne d'une nature composée de forme et de matière.

un SENS?

• En guise de conclusion provisoire

Malgré les réflexions de Robert Laughlin et de **Philip Clayton**, les phénomènes d'émergence et le principe général « le tout est plus que la somme des parties » sont relativement peu étudiés aujourd'hui. Une des raisons de ce fait se trouve dans le fossé qui existe trop souvent entre la philosophie et les sciences expérimentales, entre la méthode analytique de la science moderne et la méthode synthétique (ou holistique : qui considère le tout) de la philosophie.

Il s'agit donc de retrouver aujourd'hui une véritable philosophie de la nature, qui respecte l'enseignement des sciences expérimentales mais qui développe son mode propre de recherche afin de donner à l'homme une vision plus unifiée de la nature. C'est en tout cas le vœu du prix Nobel de chimie de 1977, Ilya Prigogine (1917-2003):

« Une philosophie de la nature est-elle à nouveau possible, qui permette de penser de manière cohérente l'insertion de l'homme dans la nature et les perspectives sur la nature dégagée par la science? (cf. [3]) »

• Pour aller plus loin

cf. compléments

- [1] Aristote, "La Métaphysique", "La Politique", "L'Éthique à Nicomaque", "Les Physiques", etc...
- Thomas d'Aquin : tous les commentaires des œuvres d'Aristote.
- [2] R. Laughlin, "Un Univers différent", Paris : Fayard, 2005.
- [3] I. Prigogine, I. Stengers, "La Nouvelle alliance", Paris : Presses Universitaires de France, 1986.
- [4] Collectif sous la direct. de J. Staune, "Science et quête de sens", Presses de la Renaissance, 2005.
- P. Clayton, "Mind and Emergence: from Quantum to Consciousness", Oxford : University Press, 2004.
- [5] Dossier, "Les lois physiques existent-elles", La Recherche, n°405, février 2007.

Groupe de branche de PHILO & PHYSIQUE DU LCC en collaboration avec le prof. Jean Staune

N°7 A suivre...

Complément 7a

Une histoire de l'émergence

(Cf. [5] p. 44)

- **ARISTOTE (- 350), philosophe.** Au sein de la prestigieuse académie de Platon, il enseigne que « LE TOUT EST PLUS QU'UNE LA SOMME DE SES PARTIES », qui résume bien l'idée du « holisme ».
- **PLOTIN (- 250), philosophe.** Le fondateur du néoplatonisme estime que RIEN N'EST VÉRITABLEMENT ISOLÉ DANS LE « CIRCUIT COSMIQUE ». Tout est interdépendant, et émane du « Un » transcendant.
- **Gottfried Wilhelm Von LEIBNIZ (1686), mathématicien et philosophe.** Pour cet héritier de la pensée « holiste » exprimée par les philosophes de l'Antiquité, TOUTE LA MATIÈRE EST PHYSIQUEMENT CONNEXÉE, et chaque « monade » (substance simple) reflète partiellement cette totalité qu'est l'Univers.
- **George Henry LEWES (1875), philosophe.** Il INTRODUIT LE TERME D'« ÉMERGENCE » pour qualifier des systèmes et des processus incompréhensibles du point de vue mécanistique (tout est réductible à des phénomènes physico-chimiques). Par exemple, il cite l'eau dont les propriétés « émergent » mais ne « résultent » pas de celles de l'hydrogène et de l'oxygène, qui la composent.
- **John Stuart MILL (1843), philosophe.** Le premier à fournir une ANALYSE DÉTAILLÉE DES PHÉNOMÈNES QUE L'ON NOMME AUJOURD'HUI « ÉMERGENTS ». Pour cela, il utilise le concept d'« effets hétéropathiques ». En chimie et en biologie, ces effets donnent lieu à des propriétés essentiellement différentes des causes qui les ont fait naître, et impossible à prévoir à partir des substances élémentaires.
- **Charlie Dunbar BROAD (1925), historien et philosophe.** Réfutant le paradigme réductionniste et refusant de tomber dans la doctrine vitaliste (prônant un « principe vital » qui différencierait les êtres vivants de la matière inanimée), il pense que les PROPRIÉTÉS ÉMERGENTES D'UN SYSTÈME SONT DÉTERMINÉES PAR L'ENSEMBLE DES INTERACTIONS DE SES COMPOSANTS. Il convient donc d'étudier la totalité en elle-même, plutôt que les composants pris séparément.
- **Karl Ludwig VON BERTALANFFY (1948), biologie.** Il est L'INVENTEUR DE LA THÉORIE GÉNÉRALE DES SYSTÈMES, qui fait de l'« émergence » un cheval de bataille. Selon lui, l'une des caractéristiques propres à un système est son organisation spécifique. Pour étudier ce dernier, l'analyse des niveaux d'intégration inférieurs est nécessaire mais insuffisante à elle seule.
- **Philip ANDERSON (1972), physicien théoricien.** Au travers du fameux article « MORE IS DIFFERENT », il souligne les limites de la physique des particules à expliquer ce qui se passe au niveau moléculaire.
- **Stephen WOLFRAM (2002), physicien théoricien.** Au travers du livre controversé « Un nouveau type de science », il montre que des programmes informatiques très simples, les AUTOMATES CELLULAIRES notamment, peuvent générer des structures d'une extraordinaire complexité, et partant, simuler et rendre compte de l'émergence d'une variété de phénomènes (des flocons de neige, à l'Univers).

Complément 7b

« Les lois physiques ressemblent à un tableau impressionniste » (Laughlin)

LA RECHERCHE (cf. [5] p. 38 ss): **Comment définissez-vous le concept « d'émergence »?**

ROBERT LAUGHLIN: L'utilisation de ce terme s'est beaucoup développée ces dernières années jusqu'à embrasser de nombreuses acceptions. Par « émergence », j'entends un principe physique d'organisation: l'apparition de lois qui ne peuvent pas être déduites de principes physiques plus fondamentaux. La nature est remplie d'objets qui, par analogie, pourraient être comparés à des peintures impressionnistes. Rendu par Monet, un champ de fleurs (ci-contre) suscite notre intérêt car il apparaît comme un tout « parfait ». Les taches de peinture ont néanmoins des formes aléatoires; elles sont imparfaites. Cette imperfection montre que l'essence même du tableau est son niveau d'organisation: ce que nous voyons est davantage que de simples taches. Pour ainsi dire, le tableau « émerge » d'un ensemble de taches apparemment désordonnées.



["Le Jardin de Monet, les lilas", Monet, 1900]

LA RECHERCHE: Dans un livre publié en 2005 (cf. [2]), vous prédiriez la fin de l'« ère du réductionnisme ».

ROBERT LAUGHLIN: En réalité, elle est déjà consommée! Même en physique des particules, discipline considérée comme un haut lieu du réductionnisme, l'approche est « phénoménologique ». Ce qui est observé expérimentalement est utilisé pour reconstituer des lois physiques fondamentales. Ces dernières sont davantage comprises grâce à un travail d'observation et d'analyse que de prédiction. Aucun physicien, par ailleurs, ne conteste le fait que ces lois sont elles-mêmes « émergentes ». Les chimistes ont toujours travaillé de cette manière. Ils parlent de la structure des molécules comme si celle-ci représentait l'*alpha* et l'*oméga* de leurs recherches. La chimie est en fait un énorme livre de recettes. On ne sait pas vraiment pourquoi ces recettes fonctionnent. Elles marchent, un point c'est tout! Si vous partez de la mécanique quantique et tentez de calculer le résultat d'une réaction chimique, par exemple, vous n'y arriverez que pour quelques cas extrêmement simples, et encore. Dans ma discipline, la physique du solide, nous restons toujours englués dans la chimie des matériaux. L'une des premières leçons à retenir est de ne jamais supposer que le matériau se comportera de manière « logique ».

Complément 7c

Irréductibilité des phénomènes émergents

« Un exemple intéressant de ce nouveau « oui et non » apposé à la science est la discussion sur l'émergence dans le monde naturel. Les scientifiques ont récemment commencé à comprendre la façon dont de nouveaux niveaux d'organisation apparaissent, alors que la complexité de la nature augmente: le biologique à partir des éléments chimiques, le psychologique à partir du neurophysiologique. [...]

D'une part, les nouveaux phénomènes apparaissant durant l'évolution restent dépendants des niveaux précédents du processus et ainsi des lois biologiques, chimiques et physiques qui gouvernent ces niveaux. La conscience ne peut être entièrement comprise, par exemple, sans que l'on comprenne préalablement la nature du cerveau humain et l'histoire de son évolution; la même chose vaut pour tous les autres phénomènes émergents ayant cours dans le cosmos.

D'autre part, les phénomènes nouvellement émergents ne peuvent être entièrement compris *via* les termes inhérents aux lois prévalant dans les niveaux inférieurs desquelles ils restent dépendants. Le processus d'évolution produit en effet continuellement de nouvelles sortes de systèmes, avec de nouveaux types d'entités et de processus causals.

Ainsi, obtenir une pleine compréhension des nouveaux niveaux nécessite *qu'ils soient explicités dans des termes propres aux phénomènes émergents eux-mêmes*. La nouvelle théorie nous apprend que les phénomènes émergents sont irréductibles en ce qui concerne leurs causes, leurs explications et leur vraie nature en tant qu'objets ou processus.

Ce qui est vrai pour des phénomènes émergents l'est également pour comprendre la directionnalité du processus lui-même: aucune explication à un niveau « inférieur » ne peut expliquer la raison pour laquelle le processus produirait finalement les phénomènes d'ordre supérieur qu'il a produits. Expliquer le processus dans sa totalité exige une perspective théorique assez large pour englober le point « le plus haut » atteint par le processus jusque-là. En effet, puisque le processus d'évolution continue, nous supposons qu'un point de vue supérieur à tous ceux que la nature a atteints à ce jour, est nécessaire. (C'était également la position défendue par Teilhard de Chardin. Cependant, on peut accepter la théorie de l'émergence sans revendiquer pour autant le degré de connaissance dont sera auréolé l'avenir que Chardin a, lui, revendiqué. »

(cf. [4] "Postface" de P. Clayton, p323-324)