
Les articles publiés sur Philopsis sont protégés par le droit d'auteur. Toute reproduction intégrale ou partielle doit faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès des éditeurs et des auteurs. Vous pouvez citer librement cet article en mentionnant l'auteur et la provenance.

Ceci est un extrait, retrouvez nos documents complets sur philopsis.fr

L'ordre physico-chimique

Introduction

La réflexion sur l'ordre physico-chimique soulève deux types de problèmes :

- circonscrire les frontières de cet ordre ; et voir si, pris comme un système, il interfère avec un ou plusieurs autres ordres ;
- mettre au jour sa constitution interne, afin d'examiner s'il constitue un ensemble homogène ou s'il est fait de parties plus ou moins liées les unes aux autres, entre lesquels des problèmes d'interaction se posent.

L'ordre physico-chimique existe à l'intérieur des êtres vivants et hors des êtres vivants. Historiquement, l'étude de l'ordre physico-chimique hors des organismes vivants précède celle de cet ordre à l'intérieur des vivants, qui, de toute façon, n'a commencé que vers la fin du XVIII^e siècle, avec la fondation de la chimie moderne.

Pour enquêter sur l'ordre physico-chimique, il est pertinent d'adopter une perspective historique et d'examiner à l'aide de quelles théories scientifiques le monde inorganique a été

progressivement structuré et interprété. Roger Penrose, dans son livre célèbre, *The Emperor's New Mind*, traduit sous le titre *L'Esprit, l'ordinateur et les lois de la physique*¹, propose, pour explorer l'ordre physico-chimique, de prendre pour fil conducteur les théories scientifiques qu'il nomme « sublimes » en raison de leur perfection interne et de l'exactitude de leurs prédictions. Il en recense, depuis la Grèce antique, moins d'une dizaine : la géométrie d'Euclide, la statique d'Archimède et de Stévin, la mécanique de Newton, la théorie électromagnétique de Maxwell, la relativité restreinte et la relativité générale d'Einstein, enfin deux états de la mécanique quantique.

Notons qu'aucune théorie chimique ne figure en tant que telle dans cette énumération des théories sublimes, alors que les processus chimiques sont essentiels dans le vivant : la jonction théorique entre chimie et physique ne s'est faite, en effet, que dans les années 1930, quand, grâce aux travaux de Linus Pauling notamment, la nature du lien chimique, « the chemical bond », se trouva élucidé par la mécanique quantique.

En 1944, un autre pont se trouve lancé, entre mécanique quantique et biologie moléculaire, par Schrödinger qui, dans *What is Life ?*, explique sous quelle forme les informations nécessaires à la reproduction des individus se trouvent stockées. Le mécanisme de leur réplication est élucidé par Crick et Watson en 1953. C'est alors que s'introduisent explicitement, en biologie, les notions d'information et de code. Le lien entre ordre physico-chimique et ordre biologique devient plus intelligible.

En résumé, c'est seulement vers 1860 que la séparation entre ordre physico-chimique et ordre biologique se dessine avec une clarté parfaite ; et c'est seulement à partir de 1944 que le rôle de la physique quantique en biologie est mis en évidence. Dans cette période qui ne fait pas même un siècle, des événements considérables surviennent en physique et en chimie, de telle sorte que, si l'on en avait les moyens, ce serait cette période dans laquelle il faudrait se situer pour essayer de dégager l'esprit des lois de l'ordre physico-chimique, en voyant tour à tour l'apogée de la science classique, son déclin, et le surgissement d'une autre façon de regarder le monde inorganique et le monde organique.

En même temps, notre vision de l'homme est en train de changer, sous l'effet des progrès des sciences de la nature, et aussi sous une autre impulsion : l'humanité a pris conscience que, par ses recherches scientifiques et technologiques, elle est devenue un agent effectif de la nature, une puissance naturelle et artificielle - d'un nouveau type. On ne peut plus, aujourd'hui, parler de l'action dans les mêmes termes que Maurice Blondel ou que Simone Weil : l'apparition d'une modélisation mathématique, le développement des méthodes de programmation en matière de technologie ou d'économie, l'impact des nouvelles technologies sur le monde inorganique et sur la biosphère modifient radicalement la nature et la portée de l'action.

De ce fait, l'ordre physico-chimique se dédouble : il est à la fois comme le socle immémorial de la matière et de la vie ; mais il est aussi là, comme un système de processus artificiels qui enveloppent la Terre et nos sociétés du réseau serré de leurs produits, de leurs contraintes et de leur puissance. Il faut donc distinguer à l'intérieur de l'ordre physico-chimique deux strates : l'une, naturelle, faite des opérations et des processus de la nature ; l'autre, artificielle, produite par l'activité technologique. La dualité entre opérations naturelles et opérations artificielles permet de répondre à la question que posait déjà Aristote : la nature agit-elle comme l'homme ou autrement que lui quand elle réalise des opérations analogues à celles qu'il accomplit ? Aristote répondait, on le sait, par l'affirmative ; comme le fait aussi Cournot. S'il en est ainsi, adopter une attitude réaliste a un sens, puisque l'homme peut espérer reproduire par art ce que la Nature réalise spontanément.

Bien plus, la chimie a fait voir, dès la seconde moitié du XIXe siècle, que la nature n'est pas « saturée », en ce sens que l'on peut, en s'appuyant sur ses lois, obtenir par synthèse des

¹ Inter-Editions, Paris, 1992

corps qu'elle ne fabrique pas d'elle-même ; au XXe siècle, ce qui était vrai du monde inorganique a été étendu au monde de l'organisation et de la vie, grâce aux biotechnologies. Ainsi, la réflexion sur l'ordre physico-chimique et sur l'ordre biologique met en lumière que le troisième ordre, celui de l'action, des désirs et de l'histoire de l'homme, retentit d'une façon inédite et fracassante sur les deux premiers ordres. Pourtant, le siècle qui s'achève apporte à notre réflexion une incertitude, et même une blessure, majeures : il nous faudrait une foi chevillée au corps pour considérer l'action humaine comme le fait Maurice Blondel en 1893 dans *L'Action* ou pour espérer comme Henri Bergson en 1932 dans *Les Deux Sources de la morale et de la religion* que l'humanité accomplisse, « parce que cela dépend d'elle », « la fonction essentielle de l'univers, qui est une machine à faire des dieux ». Le XXe siècle ne nous a pas donné une image aussi optimiste des hommes.

Historique

Penrose, nous l'avons dit, prend comme repères, pour suivre la constitution du domaine physico-chimique, les théories « sublimes » qui se sont constituées depuis l'antiquité grecque.

La première de ces théories est la *géométrie d'Euclide*, considérée non comme une théorie purement mathématique, mais comme une théorie physique des formes et des mouvements des corps rigides. Au sein de la géométrie, trois découvertes ont eu une fortune extraordinaire : celle des polyèdres réguliers convexes, encore appelés « solides platoniciens » ; celle des coniques, à laquelle se trouve attaché le nom d'Apollonius, qui, au bout de dix-huit siècles, a trouvé avec les lois de Kepler son application en astronomie ; enfin, au XVIIe siècle, la synthèse opérée par Descartes entre géométrie et arithmétique, avec la création de la géométrie analytique.

La statique d'Archimède et de Stévin constitue la deuxième théorie « sublime ». Elle fait intervenir la notion de masse et étudie les équilibres. Parmi les découvertes de la statique, on cite volontiers la résolution par Archimède d'un problème qui lui avait été posé par Hiéron, tyran de Syracuse, à propos d'une couronne qu'il soupçonnait d'avoir été trafiquée par un bijoutier indélicat. A cette occasion, Archimède aurait découvert le principe qui porte son nom.

La statique, après dix-sept ou dix-huit siècles d'existence autonome, a été absorbée par la mécanique classique, ses lois empiriques recevant de ce fait une interprétation nouvelle.

Les principes de la statique ont servi de base à Galilée pour ses travaux sur le plan incliné. C'est donc une discipline qui, au moment où elle disparaît, a rendu les plus grands services à la science nouvelle qui l'absorbe.

La mécanique classique, à laquelle sont associés les noms de Galilée, de Kepler, de Descartes et surtout de Newton, constitue, en fait, la théorie la plus ample que l'étude du monde inorganique ait jamais suscitée. Le livre le plus vivant que la mécanique ait inspiré est à coup sûr le *Discours concernant deux sciences nouvelles* de Galilée [1632] ; le plus célèbre, le plus génial et le plus considérable est sans conteste les *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* de Newton [1687]. Il ne faut pourtant pas s'imaginer que les *Principia* seront comme un monolithe, invariant à travers le temps : tout au contraire, ils ne cesseront d'être réécrits, étendus, refondus, pour donner, un siècle plus tard, le monument que constitue la *Mécanique analytique* [1787] de Lagrange.

Mais le projet de Newton allait bien au-delà de la constitution de la Mécanique Céleste : il voulait élaborer une théorie du lien chimique, c'est-à-dire des forces d'attraction et de répulsion qui agissent à très courte distance entre les particules matérielles qui constituent les corps. Il semble que Newton ait été convaincu que, dans une perspective atomiste, comme celle que Boyle avait esquissée au début du XVIIe siècle, les transmutations étaient possibles, puisqu'elles ne consistaient qu'en réarrangements d'atomes dans l'espace. Il fallait, en effet, rendre compte de la transparence de corps solides aussi rigides que le verre : si le verre et le

quartz laissent passer la lumière, c'est qu'il y a entre les particules des espaces vides d'une part, des forces de liaison de l'autre.

Dans les années qui précédèrent la publication des *Principia*, Newton consacra un temps considérable à ses travaux alchimiques ; mais, quand il eut le sentiment qu'il n'avait pas réussi à produire une théorie scientifique du lien chimique - ce qui ne devait être réalisé qu'à la fin des années 1930 par Linus Pauling -, il décida, au cours des éditions successives de son œuvre, d'effacer les traces de ses recherches alchimiques et chimiques. Toutefois, plusieurs historiens des sciences ont souligné ce que la notion d'action à distance doit à la tradition hermétique, et le grand économiste Keynes disait, lors de la commémoration du troisième centenaire de la naissance de Newton, que celui-ci avait été « le dernier des magiciens ».

La théorie électromagnétique de Maxwell, en 1860, apporte en physique deux éléments nouveaux : l'unification de l'électricité et du magnétisme ; la constitution d'une physique de la lumière, dont l'Optique de Newton avait jeté les bases. Or, si l'on compare l'optique de Newton à la théorie de Maxwell, on trouve une illustration frappante de la thèse selon laquelle il y a plus de stabilité dans les lois empiriques que dans les théories qui les unifient : Newton propose une théorie de l'émission ; Maxwell, une théorie ondulatoire de la lumière.

Comme l'ont noté Einstein et Eddington, Maxwell a réussi une autre prouesse théorique en donnant à la physique un nouvel objet, qui n'est plus le point matériel pourvu de masse, mais le champ physique (*physical field*). Ce changement va avoir des conséquences de tous ordres : apparition de lois d'un nouveau type, appelées lois « structurales » ; mise à mal de la notion de « substance » isolée, localisée dans l'espace et le temps ; création d'un concept provisoire - et illusoire -, celui d'« éther », conçu comme un milieu physique au travers duquel les influences et les actions se transmettent de proche en proche.

La Relativité restreinte, en 1905, ébranle les notions d'espace et de temps absolus, sur lesquels l'édifice newtonien reposait. Les résultats négatifs des expériences de Michelson et Morley conduisent Einstein à formuler un nouveau principe de relativité, distinct de celui qu'avait posé Galilée, en montrant que les lois de la physique restent invariantes, qu'on se trouve dans un repère immobile ou dans un repère inertiel, qui se déplace de façon rectiligne et uniforme.

Une fois encore, la mécanique newtonienne subsiste, dans la mesure où, à des vitesses faibles par rapport à celle de la lumière, les lois de la physique classique gardent leur pertinence ; mais son cadre théorique est profondément modifié.

La Relativité générale, en 1915, propose une nouvelle théorie de la gravitation, et se pose comme candidate à l'héritage de la Mécanique Céleste newtonienne : à partir de ce moment, et en très peu d'années (1915, 1922, 1929), on comprend successivement que :

- la stabilité de l'univers ne va pas de soi, y compris dans la physique newtonienne ;
- des modèles d'univers en évolution peuvent se déduire des équations de la Relativité générale (Alexander Friedmann et Georges Lemaitre) ;
- l'astronomie d'observation met en évidence le décalage vers le rouge du spectre des galaxies extérieures à la nôtre (*red shift*), ce qui semble indiquer que ces galaxies lointaines s'éloignent de nous avec une vitesse qui croît proportionnellement à leur distance (Hubble).

Ainsi, l'idée d'une histoire de l'univers prend forme, et la cosmologie, de spéculation métaphysique, passe progressivement à l'état de discipline scientifique.

Parallèlement, une nouvelle mécanique, qu'on appelle bientôt la mécanique quantique, liée à l'exploration de l'atome, prend corps. On peut dater sa naissance du 14 décembre 1900, jour où Max Planck fit une communication à la *Physikalische Gesellschaft* de Berlin sur le rayonnement des corps noirs ; mais elle prend sa forme classique dans les années 1925-1935. En près d'un siècle, la mécanique quantique, a changé à plusieurs reprises de forme, de concepts, d'hypothèses théoriques, de système d'interprétation.

Penrose distingue deux états de cette discipline auxquels il accorde le label de « sublime », mais il est clair que l'histoire est *on the move*. Les physiciens de L'Ecole Normale Supérieure disent

qu'une nouvelle mécanique quantique est en train de se constituer. A t-elle déjà donné lieu à une neuvième théorie « sublime » ? Je suis bien incapable d'en juger.

Alors que la mécanique quantique, sous sa forme standard, est, de toutes les théories scientifiques, la plus précise et celle dont le champ d'application est le plus vaste, les phénomènes de « superposition quantique » ne sont cependant pas perceptibles au niveau macroscopique. Les physiciens expliquent ce fait - heureux pour nous - par le principe de « décohérence », qui montre comment la « superposition quantique » se transforme en « mélange statistique ». De la sorte, il se produit une sorte de différenciation et de cloisonnement entre le domaine microscopique de la mécanique quantique et le domaine macroscopique de la physique classique, théories statistiques incluses.

Grande unification ou réseau des théories ?

Les physiciens sont à la recherche de théories « de grande unification » qui élucideraient les liens entre les quatre forces fondamentales qui régissent les actions au sein de l'ordre physico-chimique (gravitation, électromagnétisme, force nucléaire faible, force nucléaire forte).

Puisque nous ne disposons pas d'une théorie qui unifierait les lois relatives aux quatre forces ou interactions fondamentales, nous nous trouvons en présence de plusieurs théories qui contribuent, chacune pour sa part, à rendre compte des phénomènes relatifs à un domaine limité de l'ordre physico-chimique. Il s'ensuit que nous ne pouvons pas articuler entre elles les diverses régions du champ empirique à partir d'hypothèses ou de principes qui serviraient à la science, selon l'expression de John Herschel, d' « axiomes de la nature ».

De ce fait, la notion de vérité, dans les sciences, même si la notion de « correspondance » se comprend, conserve quelque chose de problématique, dans la mesure où plusieurs interprétations théoriques d'un même corps de lois empiriques sont possibles². Par là, le réseau des théories qui éclaire comme par une pluralité de luminaires le champ de l'expérience apparaît plutôt satisfaisant ou insatisfaisant que vrai ou faux, selon qu'il s'accorde ou non avec les observations. Toutefois, la conception « positiviste » de la vérité demande à être réexaminée : le développement d'une biologie et surtout d'une médecine scientifiques conduisant à rechercher à quelles conditions nos théories peuvent, même de façon fragmentaire, représenter fidèlement les opérations de la nature.

Ceci est un extrait, retrouvez nos documents complets sur philopsis.fr

² Voir Pierre Duhem, *La théorie physique, son objet et sa structure*, Paris, 1906.