

ENTROPIE

● Notes de lecture

L'âme de la méduse

Jorge Wagensberg.

La thermodynamique classique avait déjà proposé son célèbre second principe pour décrire des phénomènes tels que le mélange de l'eau et de l'encre rouge. Ce principe introduit l'irréversibilité du temps, c'est-à-dire une direction bien définie, des évolutions.

Cette nouvelle science ne fut admise dans la famille physicienne que comme une créature étrange et irritante, mais par la suite le concept de temps s'est peu à peu introduit dans nombre de disciplines scientifiques. La thermodynamique est aujourd'hui, nous allons le voir, une science clé pour la compréhension et la description générale du changement.

C'est auprès de la biologie qu'elle a eu le plus d'effets.

En effet, d'une part ce sont les systèmes vivants qui présentent la plus grande complexité à tous les niveaux structurels (ils s'éloignent considérablement du paradigme classique que représente le concept astronomique d'ordre) ; d'autre part, le temps biologique est un facteur irréversible.

Le problème de la vie, la question vitale qui a tant traumatisé les humanistes du déterminisme, constitue aujourd'hui le nouveau paradigme.

La thermodynamique concerne le problème de la vie dans ses soubassements mêmes : ses deux principes fondamentaux régissent en effet l'ensemble des transformations physico-chimiques qui se déroulent au sein des systèmes observables.

Le premier principe affirme la conservation de l'énergie totale d'un système au cours de ces transformations. Prenons un exemple simple : le travail que fournit une automobile, plus les pertes d'énergie (sous forme de chaleur, par exemple), équivalent à l'énergie chimique libérée par la combustion de l'essence à l'intérieur des cylindres du moteur.

Le second principe, dans sa version d'origine, décrit l'évolution d'un système isolé (c'est-à-dire qui n'échange ni matière ni énergie avec l'extérieur).

Il existe une grandeur S , l'entropie, qui n'est susceptible que de s'accroître lors d'une transformation énergétique quelle qu'elle soit jusqu'à atteindre, après un intervalle de temps suffisant, une valeur maximale qui caractérise l'état final d'équilibre thermodynamique, dans lequel aucun processus ne peut plus modifier

la valeur de S.

Le second principe apporte, dans cette formulation première, un critère d'évolution vers le futur ; il prend en outre une force considérable avec l'interprétation statistique de Boltzmann, selon laquelle l'entropie mesure en fait le désordre moléculaire.

L'entropie inclut la désinformation de l'observateur au niveau macroscopique, elle représente le nombre de configurations microscopiques compatibles avec l'état d'équilibre considéré. L'entropie de Boltzmann associe au système (il s'agit déjà là d'une mesure de la complexité) l'idée d'un ordre d'autant plus grand que l'entropie est faible.

Le second principe apparaît ainsi comme une loi de désorganisation progressive, selon laquelle les systèmes qui lui obéissent (contrairement aux systèmes mécaniques) en viennent à oublier leurs conditions initiales.

Ce principe, tout à fait fondamental, exige qu'on s'y arrête quelque peu. Je propose ici une illustration qui n'est guère orthodoxe, mais qui me paraît fort instructive.

Prenons une œuvre d'art, par exemple une délicate sculpture de la Grèce antique, taillée dans le marbre, et soumettons-la à une expérience : appliquons-lui une puissante charge de dynamite et actionnons le détonateur à distance.

Une fois dissipées la poussière et les fumées, nous découvrirons sans surprise des blocs de pierre méconnaissables. Il s'agit bien évidemment de la même matière, mais organisée autrement.

On pourrait dire qu'elle s'est désorganisée. Soumettons maintenant ces nobles décombres à la même épreuve. Nous serions stupéfaits de voir réapparaître la statue entre les fumées de cette seconde explosion ; de fait, nous n'avons devant nous que des gravats encore plus petits, plus déformés.

La désorganisation a suivi son cours, c'est un processus irréversible. Il n'y a qu'une seule direction, de l'ordre vers le chaos, de la beauté vers... n'importe quoi.

Si nous comprenons en outre que nous n'avons défini là ni plus ni moins que la direction du temps, il y a de quoi trembler, provisoirement, de respect devant le second principe de la

thermodynamique.

Nous ne savons s'il est préférable de ne rien vouloir savoir du temps, comme les mécanistes, ou de lui voir prendre cette direction. Il n'est pas difficile de saisir quel est le fondement de cette redoutable tendance des processus spontanés.

Un même matériau peut s'ordonner d'un nombre incommensurable de manières, mais ce que nous appelons structure organisée, ou beauté (qu'il s'agisse d'un cristal, d'une cellule ou d'une peinture à l'huile), ne répond qu'à une quantité de configurations fabuleusement inférieure à celle des configurations possibles ; ainsi, l'âge de l'Univers serait un laps de temps ridiculement faible pour retrouver le texte de la Bible en agitant l'ensemble des mots qui le constituent.

Cependant, n'avons-nous pas oublié de dire ce que nous mettons sous les termes d'organisation, fonction, beauté, matière vivante ?

Peut-être bien, mais c'est en fait sans importance. Indépendamment de tout ce que l'on peut dire (et nous en parlerons) à propos de ces concepts, ils présentent une propriété commune, à savoir, de représenter des situations très improbables. Au sein de l'Univers, la vie est improbable, la beauté est improbable, tout ce qui attire notre attention (simple truisme) est improbable.

Pour expliquer notre blâmable expérience de tout à l'heure, nous n'ajouterons qu'une chose. Une évolution spontanée, à l'instar de tout changement, est une succession d'états ou de configurations ; mais qu'est-ce qui dirige la flèche, la direction de cette évolution ?

Lorsqu'un système abandonne un état pour occuper le prochain état qui s'offre à lui, c'est que celui-ci était plus probable que le précédent. Le processus consiste donc en une succession d'états de plus en plus probables et, de ce fait, de plus en plus chaotiques, ennuyeux et laids. L'état final, en toute logique, est donc celui de la plus grande probabilité, c'est un état où plus rien ne peut plus survenir.

En physique, c'est l'état d'équilibre thermodynamique. Ainsi s'oriente tristement la flèche du temps pour d'immenses régions de

l'Univers.

Pourtant, cette statue existait ! Quelqu'un l'avait donc sculptée !

Moi-même, en cet instant, je fais fonctionner rien de moins qu'un cerveau. Il est manifestement insoutenable que toutes les périodes révolues aient été meilleures que la nôtre, que depuis quelque resplendissant commencement nous n'ayons connu qu'une constante dégradation.

En effet, il existe quelques minuscules recoins de l'Univers qui semblent bien s'obstiner à nager à contrecourant.

La matière vivante, l'art, tout acte de création, pour ainsi dire, représentent la conquête de structures improbables, leur préservation, voire leur perfectionnement.

Comment y parvient-on ?

Nous allons bientôt le voir ; pour l'instant, contentons-nous de conclure que la beauté est improbable, déséquilibrée, névrotique, comme tout ce qui est vivant et comme tout ce qui retient notre intérêt. Et revenons un peu, pour l'expliquer un peu mieux, à l'orthodoxie de la thermodynamique.

Selon la théorie classique de l'équilibre, donc, l'évolution consiste en une succession d'états de plus en plus désordonnés.

Le second principe de la thermodynamique parle de systèmes isolés et d'équilibre. Bien évidemment, pour aborder un système méritant d'être appelé système vivant, il sera nécessaire d'assouplir ces limitations trop fortes.

En effet, les systèmes vivants sont avant tout des systèmes ouverts, au sens de la thermodynamique, c'est-à-dire qu'ils échangent de la matière et de l'énergie avec le milieu ambiant.

On obtient de ce fait une situation bien différente, y compris pour les systèmes inanimés dont certains présentent déjà, à une température suffisamment basse, des états ordonnés à faible entropie (structures d'équilibre telles celles des cristaux).

Cette généralisation permet de décrire la croissance d'un cristal jusqu'au moment où il atteint une situation stable ; cependant elle reste encore loin d'expliquer comment, aux températures ordinaires,

des molécules peuvent s'organiser au point de former des structures complexes, capables de réaliser les fonctions coordonnées des processus vitaux.

Seuil, pages 34/38