



## DÉTERMINISME :

Le déterminisme classique, James Gleick, La Théorie du Chaos.

Nous avons vu que l'ambition de la mécanique était de dire comment l'Univers évolue au cours du temps. Entre autres choses, la mécanique veut décrire la révolution des planètes autour du soleil, la manière dont se déplace un véhicule spatial sous l'impulsion de fusées, et la façon dont s'écoule un fluide visqueux. En bref, on veut décrire l'évolution temporelle des systèmes physiques.

C'est Newton qui, le premier, a bien compris comment on peut le faire. Utilisant un langage plus moderne que celui de Newton, nous dirons que l'état d'un système à un instant donné, c'est l'ensemble des positions et des vitesses des points matériels qui constituent le système. Il faut donc se donner les positions et les vitesses des planètes, ou du véhicule spatial dont nous nous occupons, ou les positions et vitesses des points d'un fluide visqueux en train de s'écouler (Dans ce dernier cas il y a une infinité de points, donc aussi de positions et de vitesses).

D'après la mécanique de Newton, quand on connaît l'état d'un système physique (positions et vitesses) à un instant donné -que nous appellerons instant initial-, on peut déduire son état à tout autre instant. Je vais esquisser la façon dont on y arrive, et qui fait intervenir un concept nouveau : celui de forces agissant sur le système.

Pour un système donné, les forces sont à chaque instant déterminées par l'état du système à cet instant. Par exemple, la force d'attraction gravitationnelle entre deux corps célestes est inversement proportionnelle au carré de leur distance. Newton indique aussi comment la variation de l'état d'un système au cours du temps est déterminée par les forces qui agissent sur ce système (Cela est exprimé de manière précise par l'équation de Newton). Connaissant l'état d'un système à l'instant initial, on peut donc calculer comment cet état varie au cours du temps et par conséquent, comme annoncé, déterminer l'état du système à tout autre instant.

Je viens de présenter en quelques mots ce grand monument de la pensée universelle qu'est la mécanique newtonienne, que l'on appelle maintenant aussi la mécanique classique. Bien sûr, une étude sérieuse de cette mécanique requiert des outils mathématiques qui ne peuvent être présentés ici. Mais même sans entrer dans les détails mathématiques, nous pouvons faire quelques remarques intéressantes sur la théorie de Newton. Notons d'abord qu'elle a choqué beaucoup de ses contemporains.

Descartes en particulier ne pouvait admettre l'idée de "forces à distance" entre les astres, idée qu'il jugeait absurde et irrationnelle. Alors que, pour Newton, la physique consistait à coller une théorie mathématique sur un morceau de réalité, de manière à rendre compte des observations, Descartes trouvait un tel schéma trop lâche.

Il aurait voulu une explication mécaniste, admettant des forces de contact comme celle d'une roue dentée entraînant une autre, mais pas de forces à distance. L'évolution de la physique a donné raison à Newton plutôt qu'à Descartes.

Qu'aurait d'ailleurs pensé ce dernier de la mécanique quantique où l'on ne peut simultanément spécifier la position et la vitesse d'une particule ?

Mais revenons à la mécanique newtonienne et à l'image complètement déterministe qu'elle donne du monde : si l'on connaît l'état de l'Univers à un instant initial (d'ailleurs arbitraire), on peut déterminer son état à tout autre moment. Laplace a donné au déterminisme une formulation élégante et célèbre que je reproduis ici :

"Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée, et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'Univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé serait présent à ses yeux. L'esprit humain offre, dans la perfection qu'il a su donner à l'astronomie, une faible esquisse de cette intelligence" .

Cette citation de Laplace a un parfum quasi théologique et suscite en tout cas diverses questions. Quelle place le déterminisme laisse-t-il au libre arbitre de l'homme ?

Quelle place laisse-t-il au hasard ?

Nous ne voulons pas éluder complètement le problème du libre arbitre, mais nous l'examinerons un peu plus tard. Occupons-nous pour l'instant du hasard.

A vue de nez, le déterminisme laplacien ne laisse aucune place au hasard : si je jette en l'air une pièce de monnaie, les lois de la mécanique classique déterminent en principe avec certitude si elle tombera pile ou face. Comme le hasard et les probabilités jouent en pratique un rôle important dans notre compréhension de la nature, on peut être tenté de rejeter le déterminisme. En fait, comme nous allons le voir, le dilemme hasard/déterminisme est largement un faux problème. Je vais maintenant indiquer brièvement comment y échapper, laissant aux chapitres suivants une étude plus détaillée.

D'abord, il n'y a pas incompatibilité logique entre hasard et déterminisme puisque l'état d'un système à l'instant initial, au lieu d'être fixé de manière précise, peut être distribué suivant une certaine loi de hasard.

S'il en est ainsi, à tout autre instant le système aura aussi une distribution au hasard, et cette distribution pourra être déduite de la distribution au moment initial, grâce aux lois de la mécanique. En pratique, l'état d'un système à l'instant initial n'est jamais connu avec une précision parfaite, c'est-à-dire que l'on admet toujours un petit peu de hasard pour l'état initial du système.

Nous verrons que ce petit peu de hasard à l'instant initial peut donner beaucoup de hasard (ou beaucoup d'indétermination) à un moment ultérieur. On voit ainsi que, en pratique, le déterminisme n'exclut pas le hasard. Tout au plus peut-on dire que -si on le désire- on peut présenter la mécanique classique sans jamais parler de hasard.

Nous verrons plus tard que ce n'est plus vrai pour la mécanique quantique. Ainsi deux idéalizations différentes de la réalité peuvent diverger très fort du point de vue conceptuel, même si leurs prédictions sont pratiquement identiques pour une large classe de phénomènes. Les relations entre hasard et déterminisme ont fait l'objet de nombreuses discussions, et récemment d'une controverse animée entre René Thom et Ilya Prigogine.

Les opinions philosophiques de ces deux auteurs sont en violent conflit, mais il faut bien voir que leurs divergences de vues ne s'étendent pas aux détails de phénomènes observables. (Le contraire eût été peut-être plus intéressant). Notons l'affirmation de Thom que, puisque la nature de la science est de formuler des lois, toute étude scientifique de l'évolution de l'Univers débouchera nécessairement sur une formulation déterministe. Remarquons cependant qu'il ne s'agit peut-être pas du déterminisme de Laplace, mais par exemple de lois "déterministes" gouvernant l'évolution de distributions de probabilités : on n'échappe pas facilement au hasard !

La remarque de Thom est cependant importante pour le problème du libre arbitre en relation avec le dilemme hasard/déterminisme. Ce que Thom nous dit c'est, somme toute, qu'on ne peut espérer résoudre le problème du libre arbitre par le choix d'une mécanique plutôt qu'une autre, puisque toute mécanique est par essence déterministe.

Me voilà donc amené à aborder la question épineuse du libre arbitre. Et pour commencer, je voudrais présenter brièvement le point de vue défendu sur ce sujet par Erwin Schrödinger, un des fondateurs de la mécanique quantique <sup>4</sup>. Le rôle laissé au hasard en mécanique quantique a suscité l'espoir, note Schrödinger, que cette nouvelle mécanique serait plus en accord que le déterminisme laplacien avec nos idées sur le libre arbitre. Un tel espoir, dit-il, est fallacieux. D'abord, remarque Schrödinger, le libre arbitre des autres ne fait pas problème ; il n'est pas gênant de voir une explication déterministe à toutes leurs décisions.

Ce qui crée des difficultés, c'est la contradiction apparente entre le déterminisme et notre libre arbitre, caractérisé introspectivement par le fait que plusieurs possibilités sont ouvertes et que nous engageons notre responsabilité en en choisissant une.

L'introduction du hasard dans les lois physiques ne nous aide aucunement à résoudre cette contradiction, car peut-on dire que nous engageons notre responsabilité en faisant un choix au hasard ?

La liberté de notre choix est d'ailleurs souvent illusoire. Si vous assistez, dit Schrödinger, à un dîner formel, avec des personnalités importantes et ennuyeuses, vous pouvez songer à sauter sur la table et à danser en cassant les verres et la vaisselle mais vous ne le ferez pas, et l'on ne peut pas parler ici d'exercice du libre arbitre.

Dans d'autres cas, un choix est réellement fait, responsable, douloureux peut-être ; un tel choix n'a certainement pas les caractéristiques du hasard. En conclusion, le hasard ne nous aide pas à comprendre le libre arbitre, et Schrödinger affirme qu'il ne voit pas de contradiction entre le libre arbitre et le déterminisme de la mécanique, qu'elle soit classique ou quantique.

Lié au libre arbitre est le vieux problème théologique de la prédestination. Dieu a-t-il décidé à l'avance quelles âmes seraient sauvées et quelles âmes seraient damnées ?

La question est d'une grande importance pour les religions chrétiennes. Ce qui est ici opposé au libre arbitre humain n'est pas le déterminisme de la mécanique, mais l'omniscience et l'omnipotence de Dieu.

Rejeter la prédestination paraît limiter les pouvoirs du Tout-Puissant, mais l'accepter semble rendre futile tout effort moral. La doctrine de la prédestination a été défendue par Saint Augustin (354-430), par saint Thomas d'Aquin (1225-1274), par le réformateur protestant Jean Calvin (1509-1564), et par les jansénistes du XVIII<sup>ème</sup> siècle.

L'église catholique, officiellement, est restée prudente, et a évité de trancher en faveur des vues les plus radicales sur la prédestination. Et maintenant les discussions sur la prédestination, qui furent jadis si centrales à la vie intellectuelle, nous paraissent lointaines. Les sables de l'oubli recouvrent à présent les milliers de pages de disputes théologiques en latin médiéval. Les anciens problèmes n'ont pas été résolus, mais leur sens se dissipe, ils sont oubliés, ils disparaissent...

Mes propres vues sur le libre arbitre sont liées à des problèmes de calculabilité que nous discuterons dans des chapitres ultérieurs. Essayons de résoudre le paradoxe suivant : quelqu'un, que nous appellerons le prédicteur, utilise le déterminisme des lois physiques pour prédire le futur, et ensuite utilise son libre arbitre pour contredire ses propres prédictions.

C'est un paradoxe qui se manifeste de manière aiguë dans certains romans de science-fiction où le prédicteur est capable d'analyser le futur avec une incroyable précision. Comment résoudre ce paradoxe ?

Nous pouvons abandonner soit le déterminisme, soit le libre arbitre, mais il existe une troisième possibilité : nous pouvons nier que quiconque ait assez de puissance prédictive pour créer un paradoxe. Notons que notre prédicteur doit violer ses propres prédictions à propos d'un certain système, mais que pour agir sur ce système, il doit en faire lui-même partie.

Ceci implique que le système est sans doute assez compliqué. Mais alors la prédiction précise du futur du système risque de requérir une énorme puissance de calcul, dépassant ainsi les possibilités de notre prédicteur.

Le raisonnement que je viens de présenter est, je l'admets, un peu sommaire. Mais je crois qu'il identifie la raison (ou une des raisons) pour laquelle nous ne pouvons contrôler le futur.

Le théorème d'incomplétude de Godel se réfère à une situation semblable (mais dans un cadre beaucoup mieux précisé). Là aussi, l'analyse d'un paradoxe permet de montrer qu'on ne peut décider si certaines assertions sont vraies ou fausses, parce que la tâche d'arriver à une décision est impossiblement longue. En bref, ce qui explique notre libre arbitre, et ce qui en fait une notion utile, c'est la complexité de l'Univers ou, plus précisément, notre propre complexité.

Editions Odile Jacob, page 39