

Postulat de causalité :

Vérités de la physique - Erreurs métaphysiques

Mise à jour : 09/04/2012

Tout le monde croit connaître le postulat de causalité, mais le diable se cache dans les détails...

Table des matières

1. Notions nécessaires pour comprendre la suite	2
1.1 Prédiction d'évolutions	2
1.1.1 Définition, promesses et critique du déterminisme philosophique	2
1.1.2 Le déterminisme philosophique est contredit par des faits	3
1.2 Déterminisme scientifique et déterminisme étendu	4
1.2.1 Règle de stabilité	4
1.2.1.1 Importance de la vitesse et de l'amplitude d'une évolution	5
1.2.2 Définition du déterminisme scientifique	6
1.2.3 Définition du déterminisme étendu	6
2. Définition et critique du postulat de causalité	7
2.1 Causalité, nécessité et explication du monde.....	8
2.2 La causalité peut-elle être remise en question ?	9
2.2.1 Objections à la causalité contestant la méthode scientifique	9
2.2.2 Objections de multiplicité	11
2.2.3 Objections de complexité et de chaos	11
2.2.4 Objection de séparabilité	11
2.2.5 Légitimité d'une recherche de causalité	11
2.2.6 Causalité et théorie de la Relativité	12
2.2.7 Définitions approfondies d'une cause et de la causalité	13
2.2.8 Horizon de prédiction ou de reconstitution du passé	14
2.2.8.1 Impossibilité d'existence de chaînes de causalité indépendantes.....	15
2.2.8.2 Rencontre imprévisible de chaînes de causalité distinctes	16
2.2.9 Conclusion sur le déterminisme philosophique de Laplace.....	16
2.2.10 Limites de la règle de stabilité du déterminisme	16
2.2.10.1 Stabilité des lois d'évolution et situations nouvelles	18
2.2.10.1.1 Apparition d'une loi d'évolution	18
2.2.10.1.2 Restriction du postulat de causalité	19
2.2.10.1.3 Exemples d'apparitions	19
2.2.10.1.4 Conséquences philosophiques de la possibilité d'apparitions	20
2.2.11 Cause première.....	20
2.2.11.1 Définition et problématique.....	20
2.2.11.2 La cause première, un concept contradictoire.....	21
2.2.11.3 Un passé infini, conjecture invérifiable	22
2.2.11.4 Un temps cyclique, pure spéculation.....	22
2.2.11.5 Une solution métaphysique du problème de la cause première.....	22
2.2.11.6 Erreurs philosophiques concernant la cause première.....	23
2.2.11.6.1 La physique permet un Univers d'âge infini	23
2.2.11.6.2 L'Univers a été créé par Dieu, lui-même incréé	23

2.2.11.6.3	<i>Une chaîne de causalité remonte nécessairement à l'infini</i>	23
2.2.11.1	Discussion scientifique	25
2.2.11.1.1	<i>Théorie cosmologique de la gravitation quantique</i>	25
2.2.11.1.2	<i>Conséquences de la cosmologie sur le « début de la causalité »</i>	25
2.2.11.1.3	<i>Conséquences de la Relativité sur l'unicité de la cause première</i>	25
2.2.11.2	Conclusions sur la cause première	26
3.	Références.....	27

1. Notions nécessaires pour comprendre la suite

Note : les détails scientifiques et les références nécessaires sont dans le [\[Livre\]](#).

1.1 Prédiction d'évolutions

Avant d'agir, l'homme a besoin de *comprendre* la situation, ainsi que de *prévoir* son évolution et les conséquences d'une éventuelle action.

En matière d'évolution :

- *comprendre* une situation nécessite la connaissance du passé et de l'évolution depuis ce passé, pour situer l'état actuel par rapport à eux ;
- *prévoir* nécessite la connaissance des lois d'évolution qui s'appliquent à l'état actuel.

Le principe dont l'application permet la compréhension d'une situation physique et la prédiction de son évolution est *le déterminisme*. A part le déterminisme humain, hors sujet pour ce texte, je distingue trois formes de déterminisme :

- Le déterminisme philosophique ;
- Le déterminisme scientifique ;
- Le déterminisme étendu.

1.1.1 Définition, promesses et critique du déterminisme philosophique

L'expression *déterminisme traditionnel* désigne tantôt une doctrine philosophique, tantôt un principe scientifique. Cette section étudie le déterminisme au sens :

- Des conséquences d'une cause ;
- Des modalités du processus d'évolution qui fait passer un système d'un état de départ à un état d'arrivée au bout d'un certain temps ;
- De la possibilité de prévoir l'avenir ou de reconstituer le passé connaissant le présent.

Définition et promesses du déterminisme philosophique

La définition traditionnelle du déterminisme philosophique a été publiée par Laplace en 1814 dans l'*Essai philosophique sur les probabilités*, où on lit pages 3 et 4 :

"Nous devons donc envisager l'état présent de l'Univers comme l'effet de son état antérieur et comme la cause de celui qui va suivre. 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. Ses découvertes en Mécanique et en Géométrie, jointes à celle de la pesanteur universelle, l'ont mis à portée de comprendre dans les mêmes expressions analytiques les états passés et futurs du système du monde."

Le déterminisme philosophique affirme donc :

- Que l'avenir est complètement déterminé par le présent ;
- Qu'il est complètement prévisible connaissant parfaitement le présent ;
- Qu'une connaissance parfaite de la situation présente permet de reconstituer en pensée tout le passé qui y a conduit ;
- Qu'il existe, pour la situation présente, une chaîne de causalité unique commençant infiniment loin dans le passé et se poursuivant infiniment loin dans l'avenir.

1.1.2 Le déterminisme philosophique est contredit par des faits

Le déterminisme philosophique, qui nous promet connaissant le présent la possibilité de prévoir tout l'avenir et de retrouver mentalement tout le passé, est contredit par de nombreux phénomènes de la nature. Comme il suffit d'un seul contre-exemple pour contredire une affirmation sans nuance, en voici un.

Décomposition radioactive (fission nucléaire)

*Un échantillon d'uranium 238 voit ses atomes se décomposer spontanément, sans aucune cause autre que le temps qui passe ; un atome d'uranium se transforme alors en un atome d'hélium et un atome de thorium. Le nombre d'atomes qui se décomposent par unité de temps suit une loi connue, qui prévoit que 50 % des atomes d'un échantillon de taille quelconque se décomposeront en un temps fixe T appelé « demi-vie de l'uranium 238 », puis la moitié *du reste* (c'est-à-dire $\frac{1}{4}$) dans le même temps T, puis la moitié du reste ($\frac{1}{8}$) dans le même temps T, etc.*

La décomposition radioactive naturelle, c'est-à-dire spontanée, s'explique par l'instabilité de l'énergie de liaison des neutrons et protons du noyau d'un atome radioactif. Ce phénomène est inexplicable dans le cadre de la physique macroscopique, mais il s'explique en Mécanique quantique sous le nom *d'effet tunnel* : l'énergie d'excitation d'un noyau, instable, peut parfois dépasser l'énergie potentielle appelée « barrière de fission » de l'élément, entraînant une déformation si grande du noyau que celui-ci se décompose.

Contrairement à la promesse de prédiction de l'avenir du déterminisme philosophique, on ne peut savoir *quels* atomes se décomposeront pendant un intervalle de temps donné, ni à *quel instant* un atome particulier se décomposera, ni *quel est le premier* atome qui se décomposera, ni *quand* cela se produira. A l'échelle macroscopique, la décomposition radioactive suit une loi statistique, valable pour une population d'atomes mais ne permettant pas de prévoir l'évolution d'un atome donné. A l'échelle atomique, la stabilité d'un noyau dépend d'une énergie de liaison instable, qui varie sans cause externe à l'atome et ne permet de prévoir l'évolution de celui-ci (et son éventuelle décomposition) que de manière probabiliste. Le déterminisme philosophique de Laplace excluant les variations spontanées et imprévisibles ne s'applique donc pas aux décompositions radioactives naturelles.

En outre, lorsqu'un échantillon contient des atomes résultant d'une décomposition, on ne peut savoir à *quel instant* chacun d'eux s'est décomposé, ce qui contredit le déterminisme philosophique au sens reconstitution du passé.

Le déterminisme philosophique ne peut donc tenir ses promesses ni concernant la prédiction de l'avenir, ni concernant la reconstitution mentale du passé : c'est donc un principe faux dans le cas de la décomposition radioactive. Et comme il suffit d'un seul contre-exemple pour qu'une affirmation sans nuance soit fausse, *nous considérons le déterminisme philosophique comme erroné*, bien que sa définition figure dans certains dictionnaires philosophiques [264].

Voir aussi [une réfutation philosophique du déterminisme philosophique de Laplace](#).

Nous allons donc reprendre le problème de compréhension du présent et prédiction de l'avenir d'une manière moins ambitieuse, en repartant de la causalité à la base du déterminisme philosophique et en abandonnant provisoirement sa promesse de prédiction et de reconstitution.

1.2 Déterminisme scientifique et déterminisme étendu

Pour mieux comprendre et prévoir, la pensée rationnelle a besoin d'ajouter au postulat de causalité [ci-dessous](#) une règle de stabilité dans le temps et l'espace, c'est-à-dire de reproductibilité.

1.2.1 Règle de stabilité

Règle : *"Les mêmes causes produisent toujours les mêmes effets"* (reproductibilité). Les lois physiques dont l'application est déclenchée par une cause donnée sont *stables*, elles sont les mêmes en tous lieux et à tout instant.

Conséquence de la stabilité : **une situation stable n'a jamais évolué et n'évoluera jamais !** Pour qu'il y ait une évolution à partir d'un instant t il faut élargir la définition du système observé. En fait, *l'écoulement du temps ne se manifeste que lorsque quelque chose évolue* ; si rien n'évolue tout se passe comme si le temps s'arrêtait. La règle de stabilité n'a rien d'anodin : elle a pour conséquence la première loi du mouvement de Newton, la loi d'inertie :

"Un corps immobile ou se déplaçant en ligne droite à vitesse constante restera immobile ou gardera le même vecteur vitesse tant qu'une force n'agit pas sur lui."

Au point de vue déterminisme, le mouvement rectiligne uniforme d'un corps est une situation stable, qui ne changera pas tant qu'une force n'agira pas sur le corps. Et une situation stable est sa propre cause et sa propre conséquence.

Grâce à la règle de stabilité on peut *induire une loi physique de la nature* d'un ensemble d'enchaînements cause-conséquence constatés : si j'ai vu plusieurs fois le même enchaînement, je postule que la même cause (la même situation, le même état d'un système) produit toujours la même conséquence (la même évolution dans le temps). On peut alors regrouper le postulat de causalité et la règle de stabilité en un principe qui régit les lois de la nature décrivant une évolution dans le temps, le *postulat de déterminisme scientifique* énoncé [ci-dessous](#).

1.2.1.1 Importance de la vitesse et de l'amplitude d'une évolution

En pratique, la stabilité d'une loi physique d'évolution est soumise à des incertitudes, comme toute variable physique : ses paramètres sont entachés d'erreurs.

- Une loi d'évolution décrit celle-ci à partir d'une situation initiale en appliquant des règles de calcul. Mais un paramètre des données initiales, des règles de calcul et de l'heure de l'instant initial, n'est connu avec une précision parfaite que lorsqu'il est une unité internationale, définie arbitrairement, comme la vitesse de la lumière c ; tous les autres paramètres sont entachés d'erreurs : *la prédiction d'une évolution est donc entachée d'erreurs*.
- Un système est stable lorsque ses variations sont trop petites et/ou trop lentes pour être observées. Un système qui paraît stable en ce moment a peut-être évolué de manière perceptible dans le passé, mais de plus en plus lentement, ou avec de moins en moins d'amplitude jusqu'à paraître stable en ce moment ; et peut-être évoluera-t-il de plus en plus vite ou de plus en plus fort à l'avenir.

Exemple

Au début d'un cours d'astronomie on considère seulement la direction dans laquelle se trouve une étoile, en ignorant sa distance et son éventuel mouvement par rapport à la Terre. Les étoiles sont alors censées se trouver sur une sphère appelée « sphère des fixes », modèle cosmographique qui postule la fixité de la direction de visée de chaque étoile. En effet, à l'échelle de quelques siècles et à fortiori à celle d'une vie humaine, les étoiles paraissent immobiles sur la sphère des fixes : leurs directions et leurs positions relatives ne changent pas.

En fait, l'immobilité apparente des étoiles n'existe que si on mesure leurs directions angulaires avec une précision modeste, notamment lorsqu'un homme compare un ciel de sa jeunesse, vu à l'œil nu, avec un ciel de son âge mur. Dès qu'on effectue des mesures de vitesse précises par effet Doppler (déplacement des raies spectrales) on s'aperçoit que les étoiles bougent par rapport à la Terre : les positions stables connues ont été complétées par des lois mathématiques de déplacement.

Conclusions

La vitesse mesurée d'évolution d'un phénomène n'a pas de raison d'être constante. Une évolution lente aujourd'hui peut avoir été beaucoup plus rapide dans le passé. Compte tenu de l'imprécision inévitable de toute mesure physique, on ne peut conclure d'un état actuel de stabilité ni qu'il n'a jamais évolué, ni qu'il n'évoluera

jamais, ni depuis combien de temps il n'évolue pas, ni qu'il n'évoluera pas beaucoup plus vite dans l'avenir...

Du point de vue philosophique, on doit tenir compte de la possibilité qu'une évolution dans le temps ait une vitesse et une amplitude variables, c'est-à-dire décrites par des fonctions non linéaires. La vitesse et l'amplitude d'évolution d'un phénomène, trop petites pour être mesurables à un instant donné, ne l'ont pas nécessairement toujours été, et ne le resteront pas nécessairement toujours à l'avenir.

1.2.2 Définition du déterminisme scientifique

Le déterminisme scientifique est un postulat qui régit l'évolution dans le temps d'une situation sous l'effet des lois de la nature, conformément au postulat de causalité et à la règle de stabilité.

Par rapport au déterminisme philosophique, le déterminisme scientifique :

- Prédit qu'une situation évoluera certainement sous l'action d'une loi naturelle, pas qu'on connaîtra les détails futurs ;
- N'affirme pas la possibilité de reconstituer mentalement le passé.

1.2.3 Définition du déterminisme étendu

Le [Livre](#) montre qu'il y a d'importants domaines de physique que le déterminisme scientifique ne peut régir, où on ne peut prédire des évolutions. Exemples :

- La physique quantique avec ses évolutions décrites par des lois de probabilité et ses possibilités de conséquences multiples simultanées d'une même situation ;
- La physique relativiste, avec ses problèmes de choix de l'événement qui en précède un autre ;
- Les phénomènes chaotiques avec la sensibilité de leurs évolutions aux conditions initiales.

Pour pouvoir prédire les évolutions de phénomènes physiques non régis par le déterminisme scientifique, j'ai défini le déterminisme *étendu* ci-dessous, définition pour laquelle il a fallu postuler l'uniformité, la stabilité, la cohérence et la complétude des lois physiques de l'Univers (voir [Livre](#)) :

Le déterminisme étendu est le principe qui régit l'évolution d'une cause à ses conséquences sous l'action de toute loi naturelle.

Cet énoncé du principe de déterminisme étendu doit être compatible avec la définition précédente du déterminisme scientifique (condition nécessaire et suffisante et règle de stabilité), ainsi qu'avec les obstacles qui limitent sa possibilité de prédire.

Définition constructive du déterminisme étendu

D'habitude, la définition d'un mot décrit sa signification. Ne pouvant me contenter d'une telle définition *descriptive* pour le déterminisme étendu, j'utilise ci-dessous une définition *constructive* permettant une extension infinie de cette notion déduite de propriétés des lois de l'Univers.

Construction

Le déterminisme étendu comprend d'abord le déterminisme scientifique. Il comprend ensuite toutes les règles d'évolution des lois de la nature, incorporées comme suit.

- Nous prenons toutes les lois d'évolution de l'Univers, une par une, dans un ordre quelconque.
- Considérons une de ces lois. Si sa règle d'évolution fait déjà partie du déterminisme étendu, nous l'ignorons et passons à la suivante ; sinon nous incorporons cette règle d'évolution à la définition du déterminisme étendu.
- Chaque fois que nous incorporons la règle d'évolution d'une loi supplémentaire, nous vérifions sa cohérence avec les règles déjà incorporées, de manière à rester conforme à la nature, dont aucune règle d'évolution n'en contredit une autre. En principe, cette vérification est inutile si les énoncés des lois respectent bien le postulat de cohérence des lois de l'Univers.

La définition du déterminisme étendu sera ainsi complétée progressivement, au fur et à mesure des découvertes scientifiques.

Validité de cette approche

Le déterminisme étendu défini comme ci-dessus constitue une axiomatique dont les axiomes (règles de faits) sont les conditions initiales des diverses lois d'évolution, et les règles de déduction (d'inférence) sont les règles d'évolution correspondantes, selon la sémantique suivante : si une situation est décrite par les valeurs d'un ensemble de variables S , alors elle évolue selon l'ensemble de règles $R(S)$. $R(S)$ ne comprend qu'une seule loi d'évolution pour chaque variable de S , sauf en physique quantique où plusieurs lois peuvent être déclenchées en parallèle.

La validité *théorique* de cette approche de définition constructive a été étudiée et justifiée par les logiciens, qui ont montré comment on peut compléter une axiomatique au fur et à mesure qu'apparaissent des vérités ou des règles de déduction qu'on ne peut déduire des axiomes existants, mais que la sémantique du sujet impose de prendre en compte.

La validité *pratique* de cette approche résulte de son respect de la méthode scientifique, qui ajoute des lois nouvelles aux lois existantes ou les remplace, au fur et à mesure du progrès des connaissances. Concernant le déterminisme étendu, on ajoute de nouvelles règles d'évolution des causes aux conséquences au fur et à mesure que de nouvelles connaissances l'exigent, en excluant les redondances et les contradictions.

Par construction, le déterminisme étendu n'exclut ni le hasard ni l'imprécision, dont il fait des lois de comportement pour des cas précis.

2. Définition et critique du postulat de causalité

Depuis qu'il existe, l'homme a remarqué certains enchaînements : une même situation S est toujours suivie du phénomène d'évolution P . Par une démarche naturelle d'induction, il en a déduit un postulat général : « Les mêmes causes

produisent toujours les mêmes conséquences ». Et en réfléchissant aux conditions qui régissaient les enchaînements observés il en a déduit le *postulat de causalité*, que j'énonce comme suit sous forme de condition nécessaire et suffisante.

- Condition nécessaire : Toute situation a nécessairement une cause qui l'a précédée et dont elle résulte ; rien ne peut exister sans avoir été créé auparavant.

Donc, si je constate un phénomène ou une situation, je suis sûr qu'il ou elle a une cause dans le passé, mais je renonce pour le moment à pouvoir reconstituer mentalement ce passé en déduisant cette cause de sa conséquence observée, comme le promet le déterminisme philosophique.

- Condition suffisante : il suffit que la cause existe au départ pour que la conséquence ait lieu (c'est une certitude).

Notons que *cette conséquence est un phénomène d'évolution, pas une situation finale* : nous renonçons ainsi à la promesse de prédiction du résultat de l'évolution, en ne conservant que le postulat de déclenchement de celle-ci.

Exemple : je tiens une pierre dans ma main ;

- Elle tombe parce que je l'ai lâchée, condition nécessaire ;
- Si je la lâche elle tombe, condition suffisante.

Dans certains cas favorables, le postulat de causalité répond aux besoins de la pensée rationnelle de comprendre et de prévoir :

- La condition nécessaire permet *d'expliquer* au moins en partie une constatation (phénomène ou situation), en remontant le temps jusqu'à sa cause ;
- La condition suffisante permet *de prévoir* une conséquence, en suivant le temps depuis sa cause : l'évolution est déclenchée à coup sûr.

Certains philosophes appellent la causalité ci-dessus *cause efficace* [39]. Pour Schopenhauer, c'est le *Principe de raison suffisante du devenir*.

2.1 Causalité, nécessité et explication du monde

La raison *justifie* l'existence des causes des situations et phénomènes en postulant que tout ce qui existe ou arrive a une cause, et que rien n'existe ou n'arrive sans cause. Et elle prévoit l'évolution des situations en appliquant les lois physiques.

La cause *explique pourquoi* cela existe, est arrivé ou arrivera, connaissance plus approfondie qu'une simple certitude d'existence. L'existence de la cause implique nécessairement la conséquence, mais attention à la réciproque : une situation constatée peut avoir *plusieurs* causes possibles.

Exemple : un homme trouvé mort a 3 balles dans la tête. Il n'a donc pu se suicider, mais *plusieurs* personnes qui l'ont fréquenté peuvent l'avoir assassiné.

Absurdité du concept « d'être absolument nécessaire »

D'après ce qui précède, l'expression « un être absolument nécessaire » (que l'on rencontre dans des textes philosophiques comme [172]), où « absolument » signifie

« indépendamment de toute condition, donc de toute cause », est absurde car « absolument » contredit « nécessaire », qui implique une cause ; *il n'existe ni être ni situation absolument nécessaire !* L'existence d'un être absolument nécessaire est l'objet des preuves ontologiques de l'existence de Dieu, preuves dont Kant a démontré la fausseté [\[M3\]](#).

Exemple de pensée métaphysique creuse extrait de la biographie du philosophe Avicenne publiée dans [\[172\]](#) :

"Le point extrême auquel la pensée puisse s'élever, après avoir parcouru toute la série de la [causalité](#), est celle de l'[Être](#) absolument [nécessaire](#) dont le contraire est le [Possible](#). L'absolument Nécessaire est ce qui, supposé comme non [existant](#), serait nécessairement inconcevable, tandis que le Possible est ce qui se peut également bien concevoir comme existant et comme non existant."

Commentaires sur cette citation : il n'y a pas de limite à ce que l'esprit humain peut concevoir, il y a seulement des objets dont l'existence est possible parce qu'elle ne contredit aucune loi physique, et d'autres qui ne peuvent exister ailleurs que dans l'imagination. « *Ce qui, supposé comme non [existant](#), serait nécessairement inconcevable* » est une absurdité : pour supposer que quelque chose n'existe pas il faut d'abord l'avoir conçu (défini), ce qui l'empêche d'être inconcevable !

En outre, il n'y a aucun rapport de cause à effet possible entre ce que l'esprit peut concevoir et une existence matérielle, en vertu du [principe d'homogénéité](#) ; on n'a donc pas le droit de concevoir quelque chose dont l'existence physique est impossible sans prouver qu'elle l'est parce qu'elle contredit des réalités matérielles.

2.2 La causalité peut-elle être remise en question ?

Considérons le postulat de causalité à la base du déterminisme énoncé [ci-dessus](#). Une chaîne ou une arborescence de causalité est une représentation des états d'un système et de ses évolutions dans le temps. Mais qu'est-ce qui prouve son existence chaque fois que cela nous arrange de relier des événements entre eux ? Cette section approfondit le postulat de causalité et présente des objections.

2.2.1 Objections à la causalité contestant la méthode scientifique

Rappel : les détails scientifiques et les références nécessaires sont dans le [\[Livre\]](#).

Ces objections contestent la possibilité de trouver les causes physiques réelles de ce qui est observé - donc les lois déterministes avec leurs effets - parce que :

- L'observation humaine est entachée de filtrages, d'erreurs et d'approximations (c'est l'image de la réalité projetée sur le mur de la caverne de Platon). Elle peut être perturbée par des facteurs parasites, [comme le croient les holistes](#).
- Lorsqu'un énoncé scientifique n'est pas une déduction entièrement logique (calculable) de lois déjà acceptées, mais qu'il résulte au moins en partie d'observations, il est nécessairement entaché de simplifications et/ou de généralisations par induction qui, en toute rigueur, le rendent probable mais pas certain : c'est la théorie de Hume.

Toute théorie est une simplification du réel, son caractère schématique résultant du besoin humain de comprendre et de modéliser, mais cette simplification la rend critiquable et perfectible.

La recherche de la vérité à partir d'observations et sa description par un énoncé sont donc vouées à des imprécisions, simplifications, schématisations, etc. :

- Une observation n'est jamais parfaite, débarrassée d'hypothèses, d'événements parasites et d'imprécisions expérimentales ;
- Un énoncé autre que de logique formelle a les défauts du langage humain : imprécision, ambiguïté, erreurs dues à des préjugés ou des émotions, etc. ;
- La réalité elle-même est souvent :
 - *multiple* (exemples : matière ET énergie, superposition d'états en physique quantique, etc.) ;
 - ou *imprécise* (position floue, longueur d'onde de Compton, etc.) ;
 - ou *indéterminée* (principe d'incertitude de Heisenberg) ;
 - ou *contraire à notre intuition* (à la fois onde ET matière ; incertitude relativiste sur celui des événements A et B qui a précédé l'autre ; non-séparabilité, etc.) ;
 - ou *extrêmement complexe* (processus psychiques, etc.)

Notre langage et nos mécanismes naturels de raisonnement eux-mêmes sont mal adaptés à ces caractères.

En somme, ces objections affirment que la manière même dont nous raisonnons, en utilisant des représentations mentales des objets, phénomènes sensibles et évolutions, est au mieux sujette à caution et au pire fautive. Nos représentations mentales sont soupçonnées d'être réductrices ou abusivement généralisatrices, par induction ou du fait des préjugés de l'observateur qui filtre ce qu'il constate ; et en plus elles sont approximatives.

Comment alors leur faire confiance, si même les penseurs les plus rigoureux tiennent parfois pour vrais des faits ou des lois non prouvés ? Notre manière de raisonner n'est justifiée à coup sûr que lorsqu'elle fait appel à des algorithmes, qui ne sont valables que lorsqu'ils portent sur les abstractions de nos représentations, pas sur la réalité elle-même.

Enfin, un phénomène d'évolution dépend de la nature intime d'une cause, alors que nous ne disposons que des résultats d'une expérience, [qui ne peut jamais prendre en compte tous les aspects de cette nature intime](#). Pour toutes ces raisons, la meilleure approche pour trouver la vérité scientifique consiste à faire coopérer plusieurs spécialistes.

Autre objection importante pour des philosophes : *la science ne s'occupe pas de l'essence des objets et des phénomènes, de leur ontologie ; elle ne s'occupe que de leur comportement, tantôt prévisible tantôt imprévisible*. C'est pourquoi l'un des objectifs de la philosophie des sciences est de penser au-delà de la science, quitte à prendre le risque de se tromper.

De manière pragmatique, si l'on admet les progrès de l'humanité en matière de connaissances, de santé, etc., on doit aussi admettre que malgré ces objections

notre méthode scientifique nous a apporté des progrès ; son emploi est donc justifié par la pratique, ainsi que par l'absence d'objection fondamentale et d'une méthode meilleure. Nous pouvons continuer à nous en servir, tout en la remettant en question chaque fois que nous avons l'impression qu'elle est perfectible.

2.2.2 Objections de multiplicité

Rappel : les détails scientifiques et les références nécessaires sont dans le [\[Livre\]](#).

Ces objections contestent la possibilité, démontrée par la mécanique quantique, d'associer des conséquences (ou des résultats) *multiples* à une même cause, surtout compte tenu de ce que ces associations impliquent parfois un choix au hasard parmi ces conséquences (ou ces résultats) lors de la décohérence.

Ces objections à la causalité tombent lorsque le déterminisme est complété ([déterminisme étendu](#)) pour être en accord avec la mécanique quantique et les phénomènes macroscopiques instables décrits par des équations à solutions multiples, comme les diffusions. C'est l'esprit humain amateur de simplicité qui voudrait qu'une cause donnée produise un résultat unique, mais la nature n'en a cure et la causalité s'applique aux lois de la nature.

2.2.3 Objections de complexité et de chaos

Ces objections limitent le domaine (temps, espace, structure, etc.) auquel s'applique une prédiction, par impossibilité de prendre en compte tous les paramètres de la situation initiale et/ou de les connaître avec une précision suffisante. On peut démontrer qu'il faut séparer *causalité* (de la nature) et *prévisibilité* ou *précision* (désirs humains).

Ces objections sont valables en tant qu'objections de domaine : en dehors du domaine où elle a été prouvée et fournit une précision acceptable, une loi physique ne s'applique pas.

2.2.4 Objection de séparabilité

Cette objection apparaît en physique quantique et nous oblige à remettre en cause ou à étendre considérablement des notions aussi intuitives que la position, l'étendue et la simultanéité de deux événements distincts [\[9\]](#).

Cette objection peut avoir des conséquences pratiques, comme on le voit dans [\[10\]](#), elle oblige à étendre le déterminisme, mais elle ne remet pas en cause la causalité.

2.2.5 Légitimité d'une recherche de causalité

La volonté même de trouver des causes et de prédire des conséquences est sujette à caution, tant est grande la tentation pour l'homme de donner du sens aux choses en cherchant leur essence et des lois qui gouvernent les phénomènes, ou en cédant au finalisme. La prudence nécessaire dans ce domaine doit s'appuyer sur la méthode scientifique, avec ses hypothèses claires, ses déductions logiques, ses vérifications expérimentales, et la remise en cause de chaque théorie ou hypothèse

- chaque fois qu'apparaît un doute, une contradiction ou une précision insuffisante ;

- à priori, comme le recommande Karl Popper, en tentant d'imaginer des situations factuelles où la théorie ou l'hypothèse serait fausse.

2.2.6 Causalité et théorie de la Relativité

Rappel : les détails scientifiques et les références nécessaires sont dans le [\[Livre\]](#).

Deux événements ne peuvent être reliés par une relation de causalité lorsque aucune interaction physique n'a eu le temps de se propager de l'un à l'autre ; ils sont alors nécessairement indépendants. Toute interaction physique entre deux événements "1" et "2" situés respectivement aux points $A(x_1, y_1, z_1)$ et $B(x_2, y_2, z_2)$, aux instants respectifs t_1 et t_2 tels que t_1 précède t_2 , se propage au plus vite à la vitesse de la lumière dans le vide, c : **la causalité a une vitesse de propagation finie.**

Considérons alors la quantité Δ telle que

$$\Delta = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2$$

Δ est donc la différence entre le carré de la distance D_L parcourue par la lumière entre les instants t_1 et t_2 , et le carré de la distance D_{AB} entre les points A et B. La racine carrée $\sqrt{|\Delta|}$ de la valeur absolue de Δ est appelée « *intervalle d'espace-temps entre les deux événements 1 et 2* ».

La condition d'indépendance des deux événements s'écrit alors $\Delta < 0$ (en langage relativiste on dit que « l'intervalle d'espace-temps entre ces deux événements est *du genre espace* »). Elle exprime le fait que la lumière n'a pas le temps de parcourir la distance AB entre t_1 et t_2 . **Selon la position d'un observateur, l'événement 1 sera antérieur ou postérieur à l'événement 2 (surprenant, non ?), mais aucun des événements ne pourra être cause de l'autre car ils sont trop éloignés pour qu'une interaction propagée à la vitesse maximale c ait pu aller de l'un à l'autre.**

Par contre, si $\Delta > 0$ on peut imaginer un signal physique, se propageant aussi vite ou moins vite que la lumière, qui relie les deux événements : l'événement 1 peut être la cause de l'événement 2, et leur ordre de succession (1 précède 2) est le même pour tout observateur, y compris pour un observateur en A qui serait en mouvement par rapport à un observateur en B. On dit alors que « l'intervalle d'espace-temps entre ces deux événements est *du genre temps* ».

Enfin, si $\Delta = 0$ les deux événements sont simultanés pour certains observateurs et successifs pour d'autres. On dit que « l'intervalle d'espace-temps entre ces deux événements est *du genre lumière* ».

Prendre en compte la constance de la vitesse de la lumière c impose donc un changement considérable : on remplace le couple de référence (espace *absolu* D_{AB} ; temps *absolu* $t_2 - t_1$) de Newton et Kant par un couple (vitesse de la lumière dans le vide c ; intervalle d'espace-temps $\sqrt{|\Delta|}$). Les mesures d'espace et de temps dépendent alors du mouvement de l'observateur : elles sont devenues relatives, on applique la théorie de la Relativité restreinte. Espace et temps sont devenus « élastiques » : par rapport à un observateur donné, une horloge en mouvement bat

plus lentement qu'une horloge fixe, et à la vitesse de la lumière elle ne bat plus ; **le temps alors ne s'écoule plus et il n'y a plus de causalité.**

Même si prévoir l'avenir (par exemple le temps qu'il fera) est souvent très utile, *rien ne justifie de croire à l'existence (ou même la possibilité) d'une chaîne causale entre deux points arbitraires de l'espace-temps considérés par notre esprit.* Tant qu'elle n'a pas été démontrée par raisonnement, ou par l'interprétation d'expériences et la prévision de résultats, et sans aucun démenti, une affirmation n'est qu'une conjecture. Et l'histoire a montré que même des lois démontrées, comme celles de Newton pour la dynamique, peuvent être ultérieurement remplacées par de nouvelles lois plus précises ou s'appliquant à un domaine plus étendu, comme celles de la Relativité et de la Mécanique quantique.

2.2.7 Définitions approfondies d'une cause et de la causalité

Jusqu'à ce point, nous avons supposé que les notions de « cause » et de « causalité » sont suffisamment comprises pour notre propos. Nous avons maintenant besoin de les préciser.

Cause

Une cause physique est une situation à un instant donné, cause efficace [\[39\]](#) et [raison suffisante](#) des phénomènes et situations qui en résultent. La situation d'une cause physique est définie par :

- *Un système* : l'Univers, les réactifs en présence d'une expérience de chimie, un obus qu'on vient de lancer, etc.

Ce système est défini par une structure matérielle et des variables susceptibles d'évoluer (variables de position et de déplacement, liaisons entre les parties de la structure - atomes ou molécules, par exemple -, température, état d'énergie des atomes, etc.) Des parties du système peuvent interagir.

- *Les interactions de ce système avec l'extérieur* : forces subies et exercées, rayonnement électromagnétique reçu ou émis, échanges de matière, etc.
- *L'instant considéré t.*

Les choix du système et de l'instant t sont arbitraires, ils caractérisent le centre d'intérêt d'un observateur. Les interactions du système avec l'extérieur et les interactions entre les parties du système sont imposées par les lois de la nature.

A toute cause physique, la nature applique automatiquement et instantanément une ou plusieurs lois d'évolution ; la réaction chimique se déroule, l'obus lancé parcourt une trajectoire. Nous avons vu que [toute loi physique d'évolution est régie par le déterminisme étendu.](#)

Causalité : en physique, le mot causalité a 2 sens

- Premier sens :
 - C'est ce qui fait qu'une chose est cause d'une situation ou d'une évolution ;
 - C'est aussi la qualité de cause, comme dans « la causalité chimique ».

▪ Deuxième sens :

C'est une relation qui fait passer d'une cause à sa conséquence. La causalité peut s'envisager vers l'avenir qu'on essaie de prédire, ou vers le passé qu'on essaie de reconstituer. Dans les deux cas il y a :

- Des lois d'évolution qui s'appliquent automatiquement :
 - ✓ Nécessairement, dans le cas d'une prédiction ;
 - ✓ Après choix arbitraire d'une cause dans le passé parmi toutes celles qui ont pu produire la situation actuelle, cause à qui la nature a appliqué les lois successives d'évolution qui s'imposent.
- Un horizon temporel arbitraire : je peux vouloir prédire l'évolution pendant la seconde qui suit ou l'année qui suit ; je peux vouloir reconstituer la situation-cause de l'évolution qui a conduit à la situation actuelle il y a une heure ou un siècle.

2.2.8 Horizon de prédiction ou de reconstitution du passé

Plus cet horizon est lointain, plus le risque d'imprécision est grand :

- Pour une prédiction, du fait de l'imprécision sur les variables initiales et les paramètres des lois d'évolution ; dans le cas particulier d'évolution d'une superposition d'états vers un état final par décohérence, cet état final est choisi au hasard parmi les valeurs propres du dispositif expérimental ; dans le cas d'une évolution régie par une grande sensibilité à la précision des conditions initiales, l'évolution peut être très aléatoire.
- Pour une reconstitution de cause passée, du fait de l'incertitude sur l'évolution possible qui a conduit à la situation présente. Lorsqu'une pierre est trouvée par terre, il y a de nombreux lieux d'où elle peut provenir, de nombreuses dates où elle a pu arriver, etc. Pour chaque évolution supposée, il y a en plus les mêmes imprécisions que dans le cas d'une prédiction, ci-dessus.

Considérons le cas d'une chaîne de situations successives séparées par des évolutions : $S_1, S_2, S_3 \dots S_n \dots$. Partie de la situation présente S_0 , à l'instant t_0 , la succession peut progresser soit vers l'avenir que l'on veut prédire, soit vers le passé que l'on veut reconstituer. Chaque situation S_n de la chaîne est définie par un instant arbitraire t_n , que l'homme choisit parce qu'il simplifie son raisonnement, satisfait sa curiosité, ou toute autre raison. Que l'instant t_n progresse vers l'avenir ou vers le passé lorsque n augmente, les incertitudes et/ou imprécisions dues à l'application successive des lois physiques à chaque situation augmentent.

- Lorsqu'une chaîne progresse vers l'avenir, l'imprécision sur les variables d'une situation atteinte S_n peut entraîner la possibilité de plusieurs lois d'évolution vers S_{n+1} . Exemple : lorsqu'un rayon lumineux atteint des plaques en verre successives, l'imprécision sur un angle d'incidence peut transformer la propagation d'une réfraction (où le rayon incident pénètre la plaque de verre) à une réflexion totale (effet miroir) dont la direction est complètement différente.
- Lorsqu'une chaîne progresse vers le passé, dont on essaie de reconstituer des instants successifs, le nombre de branches de l'arborescence des causes possibles peut augmenter vite, d'autant plus vite qu'il y a peut-être eu, dans le passé, des variables supplémentaires qui intervenaient.

Cette chaîne de situations successives (la chaîne de causalité), a nécessairement existé ou peut exister, mais à partir de la situation actuelle il est en général impossible de la prédire ou de la reconstituer, ou de le faire avec une précision suffisante. Plus on remonte loin dans le passé, moins la causalité est utilisable pour raisonner, car on sait de moins en moins quelle loi avec quels paramètres appliquer à une situation, elle-même définie avec une marge d'erreur. On est alors réduit à postuler l'existence d'une cause sans pouvoir la préciser, démarche spéculative sans intérêt pratique ; on raisonnerait comme des mathématiciens qui affirment « il existe un élément X de l'ensemble E » sans pouvoir en dire plus sur X.

Conclusion : à un horizon lointain, dans l'avenir comme dans le passé, le concept de causalité n'a plus d'intérêt pratique : on ne peut plus rien prédire ou reconstituer à partir de la situation actuelle. A cet horizon-là, la causalité assure seulement que *quelque chose* s'est passé ou se passera, produisant une situation elle-même mal définie, certitude sans intérêt.

Les philosophes qui parlent de « [régression à l'infini](#) » à propos d'une suite infinie de causes d'une situation donnée oublient de signaler qu'à l'infini le concept de causalité physique n'a plus d'intérêt, tant l'incertitude sur les situations et lois d'évolution est grande.

Méthodes de déduction directe

Lorsqu'on essaie de savoir quelque chose concernant un passé ou un avenir lointain, on applique en pratique une méthode de déduction directe, qui extrapole une loi d'évolution admise aujourd'hui. On utilise, par exemple, une « datation au carbone 14 » pour estimer l'âge d'outils préhistoriques trouvés dans des fouilles de sites de moins de 50 000 ans, sachant que cet élément a une demi-vie de 5730 ans et que la matière à dater en contient une certaine proportion.

2.2.8.1 Impossibilité d'existence de chaînes de causalité indépendantes

Si nous admettons, comme tous les astrophysiciens, que l'Univers est né et a commencé son expansion à partir d'une région infiniment petite, en un instant initial appelé [Big Bang](#) où les atomes n'étaient pas encore formés, il n'y avait en cet instant-là qu'une situation unique, cause première de toute l'histoire ultérieure de l'Univers ([démonstration](#)). Toutes les évolutions physiques ont commencé à ce moment-là. *L'Univers a donc une unité d'existence et d'évolution depuis cet instant-là*, et si notre pensée y distingue, à un autre moment, des situations partielles séparées, celles-ci sont pures abstractions humaines, conséquences déterministes d'une même cause première, le Big Bang.

Des chaînes de causalité particulières, issues de sous-situations particulières par évolutions déterministes, ne peuvent être indépendantes puisqu'elles ont même origine. C'est notre esprit qui les considère parfois comme indépendantes, pour permettre ou simplifier certains raisonnements.

Voir aussi le paragraphe "[Restriction du postulat de causalité](#)".

2.2.8.2 Rencontre imprévisible de chaînes de causalité distinctes

En considérant arbitrairement comme distinctes deux situations S_1 et S_2 à des instants qui précèdent l'instant actuel t , l'évolution ultérieure de chacune de ces situations est une chaîne de situations reliées par des évolutions.

Deux cas d'évolution imprévisible

- La mécanique quantique enseigne qu'il y a une possibilité de multiples évolutions simultanées (superposition quantique) à partir d'une situation donnée, et qu'une décohérence peut se produire avec un résultat (choix d'un élément de l'ensemble déterministe des valeurs propres du dispositif qui évolue) aléatoire : en toute rigueur, l'évolution à partir d'une situation donnée n'est pas une chaîne, mais une arborescence dont la branche parcourue lors d'une décohérence est choisie au hasard par la nature. Si nous pouvons prédire qu'il y aura une décohérence et l'ensemble de ses résultats possibles, nous ne pouvons prédire celui que nous observerons.
- Il peut aussi se produire qu'une évolution ait un point de départ si sensible aux conditions de l'instant initial t_0 que, malgré son déterminisme parfait, son résultat à l'instant ultérieur t qui nous intéresse soit imprévisible. Ce résultat peut aussi être trop imprécis à l'instant t , même si nous essayons de le calculer connaissant la manière dont l'évolution a débuté pendant sa première fraction de seconde. Ces problèmes sont étudiés dans la théorie du *chaos déterministe*. Le résultat d'une évolution chaotique est imprévisible comme celui d'une décohérence, mais pour des raisons différentes : hasard dans le cas de la décohérence, calcul et mesures imprécis dans le cas de la sensibilité aux conditions initiales.

L'existence de ces deux cas d'évolution imprévisible entraîne l'impossibilité de prévoir le résultat de la rencontre de deux arborescences de causalité qui contiennent au moins une évolution imprévisible. Mais il faut savoir qu'à l'échelle macroscopique on n'observe pas de décohérence parce qu'on n'observe pas de superposition quantique, et que toutes les évolutions ne sont pas chaotiques. A l'échelle humaine, donc, les seules rencontres imprévisibles de chaînes de causalité sont celles où l'une au moins a subi une évolution chaotique. Et comme ce type d'évolution ne doit rien au hasard (son imprédictibilité est due à une impossibilité de mesurer et calculer avec une précision infinie, pas à un choix aléatoire de la nature), on peut dire qu'**à l'échelle macroscopique il n'y a pas de rencontre de chaînes de causalité qui soit entachée de hasard, même quand son résultat est imprévisible.**

2.2.9 Conclusion sur le déterminisme philosophique de Laplace

D'après la discussion sur [l'horizon](#), le [déterminisme philosophique de Laplace](#) est un principe inapplicable. Le raisonnement fait pour aboutir à cette conclusion étant à la portée de Laplace, à son époque, il est surprenant qu'un grand mathématicien comme lui ait énoncé un principe manquant à ce point de rigueur.

Comme nous avons vu précédemment [un exemple](#) où les promesses de ce principe de prédiction et de reconstitution du passé sont prises en défaut, nous l'abandonnerons désormais aux philosophes trop peu scientifiques.

2.2.10 Limites de la règle de stabilité du déterminisme

Rappel : les détails scientifiques et les références nécessaires sont dans le [\[Livre\]](#).

[La définition du déterminisme scientifique traditionnel](#) prévoit la stabilité de la loi d'évolution. Mais cette hypothèse n'est pas toujours pertinente. C'est ainsi que, lorsque les astronomes ont découvert que l'Univers est en expansion (après des siècles de croyance *à priori* en un espace qui n'évolue pas), ils ont commencé par postuler que sa vitesse d'expansion (le nombre d'années-lumière supplémentaires ajoutées à son rayon chaque année) est constante. Puis ils se sont aperçus que ce postulat était doublement faux, car nous avons la preuve que :

- Dans la première fraction de seconde (environ 10^{-30} seconde) après le [Big Bang](#), la croissance de l'Univers a été extraordinairement rapide, son rayon croissant des milliards de fois plus vite que la vitesse de la lumière : ce fut la courte phase d'[inflation](#).
- De nos jours, la vitesse de croissance est bien plus faible (environ 1.8 fois la vitesse de la lumière), mais elle augmente : le rayon de l'Univers (environ 46 milliards d'années-lumière) croît de plus en plus vite.

Connaître la vitesse d'expansion de l'Univers et sa variation depuis le [Big Bang](#) est important pour déterminer l'âge de l'Univers et mieux comprendre les phénomènes physiques qui interviennent encore de nos jours.

Conclusion : lorsqu'on suppose qu'une loi d'évolution est stable il faut être prudent, et d'autant plus prudent que l'on considère une période longue.

La [règle de stabilité](#) des lois du déterminisme scientifique, reprise dans le déterminisme étendu, n'a pas besoin d'être absolue. Son respect n'est nécessaire que pour assurer la cohérence des évolutions dans le temps et l'espace, ce qui exige :

- que l'évolution d'une situation S ne dépende que des valeurs initiales de ses variables, pas de l'instant de départ ;
- que cette évolution soit la même pour deux situations S et S' déduites l'une de l'autre par un déplacement dans l'espace ;
- qu'une évolution commencée se poursuive avec la même loi pendant toute sa durée et dans tout l'espace concerné.

Considérations relativistes

Rappel : les détails scientifiques et les références nécessaires sont dans le [Livre](#).

Un événement A ne peut être cause d'un événement B que si, dans le diagramme d'espace-temps, B est à l'intérieur du cône de lumière de A, c'est-à-dire si la lumière partant du lieu de l'événement A et se propageant à sa vitesse habituelle $c = 299\,792\,458$ m/s a le temps d'arriver au lieu de l'événement B avant la survenance de ce dernier.

Si B est hors du cône de lumière de A, il ne peut avoir été causé par A ou l'avoir influencé, et des lois physiques différentes pourraient s'appliquer aux lieux et instants de A et B sans conséquence sur la cohérence de l'Univers pour des observateurs en A et B. Par contre un autre observateur, C, capable de voir les deux événements A et B (donc situé dans leurs deux cônes de lumière) pourrait s'apercevoir d'une

éventuelle différence entre les lois de la nature s'appliquant en A et en B si cette différence n'était pas négligeable.

Donc, vue de la Terre à notre époque, *une éventuelle variation d'une loi de l'Univers peut être visible ou invisible, selon son emplacement et sa date dans l'espace-temps de l'Univers.*

En outre, l'expansion de l'Univers est actuellement environ 1.8 fois plus rapide que la vitesse c de la lumière et n'affecte que l'espace entre amas de galaxies, car la force qui la produit est plus faible que la gravitation qui domine dans ces amas et en empêche l'expansion. Un événement actuel situé assez loin de notre amas de galaxies nous restera donc à jamais inconnu, sa lumière ne pouvant nous atteindre parce que moins rapide que l'expansion. Une éventuelle différence de loi physique entre le lieu et l'époque de cet événement et notre Terre à notre époque serait sans conséquence pour nous et indétectable.

2.2.10.1 Stabilité des lois d'évolution et situations nouvelles

Nous examinons dans cette section une restriction possible des exigences du postulat de causalité. Une étude approfondie de ce postulat est disponible [plus bas](#).

La règle de stabilité n'a pas besoin d'être absolue

Une éventuelle différence entre lois de la nature peut rester invisible pour nous et notre déterminisme, soit [pour des raisons relativistes](#), soit [pour des raisons d'éloignement](#), soit tout simplement si ses effets sont négligeables aux échelles (de temps, de longueur, d'énergie, etc.) où nous pouvons en être impactés. *La règle de stabilité n'a donc pas besoin d'être absolue.*

2.2.10.1.1 Apparition d'une loi d'évolution

La règle de stabilité du déterminisme scientifique implique ceci : à l'apparition d'une situation donnée S , une certaine loi physique d'évolution L est appliquée automatiquement par la nature ; et si la même situation S réapparaît à un autre moment et/ou dans un autre lieu, c'est la même loi d'évolution L qui sera appliquée.

Mais nous n'avons nullement postulé que la loi L doit exister *avant* la première survenance de la situation S . Si elle existait avant, cette loi serait, au moins provisoirement, sans objet ; un idéaliste pourrait en envisager l'existence, un matérialiste non. Pour l'homme, une loi physique est une abstraction destinée à décrire un phénomène ou son évolution, ou à calculer un résultat. Si l'homme imagine une loi s'appliquant à des situations qui ne se sont jamais produites et ne sont pas des conséquences futures certaines de situations existantes ou passées, comme il peut toujours le faire, cette loi restera pure spéculation jusqu'à ce que ses conditions d'application soient réunies, ce qui arrivera ou non. Donc :

- Nous limiterons la période d'application de la règle de stabilité d'une loi d'évolution au temps qui suit l'apparition de la première situation où elle s'applique.
- Une loi d'évolution d'une situation qui ne s'est jamais produite, et dont la survenance n'est pas certaine, est pure spéculation car elle est sans objet ; et son énoncé est infalsifiable [\[203\]](#).

2.2.10.1.2 Restriction du postulat de causalité

En affirmant qu'en l'absence de cause la conséquence n'a pas lieu, notre [postulat de causalité](#) exclut la possibilité de *situations « vraiment nouvelles »*, *sans cause physique existante dans notre Univers* : toute situation a une chaîne de causalité remontant jusqu'au [Big Bang](#) (l'apparition de l'Univers) ; c'est une conséquence déterministe de la situation initiale unique existant lors du Big Bang ; [il ne peut exister de chaînes de causalité indépendantes](#).

Or la contrainte « pas de situation vraiment nouvelle » n'est en rien nécessaire à la stabilité des lois d'évolution dans le temps et l'espace. Celle-ci exige seulement qu'une fois apparue lors de son application à une situation *S*, une loi s'applique à l'identique à toute situation *S'* déduite de *S* par une translation dans le temps et/ou l'espace. *S'imposer qu'il n'y ait jamais de situation nouvelle dans l'Univers est un à priori inutile*. Nous allons donc, dans le reste de cette section, conjecturer que des situations vraiment nouvelles peuvent apparaître dans l'Univers, pour voir si cela permet une explication plausible de situations constatées sans en contredire d'autres ; nous appellerons *apparitions* de telles situations. Une apparition est nécessairement accompagnée de sa loi d'évolution, qui peut être nouvelle sans contredire de loi préexistante puisqu'elle s'applique à une situation nouvelle.

Affirmer qu'une situation est une apparition parce que nous n'en connaissons aucune cause et qu'elle n'a pas d'équivalent peut, évidemment, résulter d'une ignorance de notre part, et se trouver démenti ultérieurement ; l'existence d'apparitions n'est donc qu'une conjecture, conséquence d'une restriction du postulat de causalité.

Voici quelques cas que l'on peut considérer aujourd'hui comme des apparitions.

2.2.10.1.3 Exemples d'apparitions

Remarque : les détails scientifiques et les références nécessaires sont dans le [Livre](#).

Le Big Bang

Rien ne prouve que le [Big Bang](#) résulte d'une situation préexistante, par application de lois préexistantes. On peut supposer que les lois d'évolution de l'Univers sont nées avec lui, car leur existence antérieure est pure spéculation indémontrable et leur existence ultérieure une certitude.

Nous savons que, à l'instant du Big Bang, des lois fondamentales de notre Univers actuel ne s'appliquaient pas, notamment parce que des concepts de base comme le temps et l'espace étaient d'une autre nature qu'aujourd'hui (discontinue, quantifiée...) ; mais nous ne savons pas (ou pas encore) quelles lois s'appliquaient. Le Big Bang peut donc être considéré comme une apparition, la première.

L'inflation

La courte période dite *d'inflation*, peu après le Big Bang, a vu une expansion de l'Univers fantastiquement rapide, dilatation de l'espace des milliards de fois plus rapide que la vitesse de la lumière. Nous ne connaissons pas la cause précise de l'inflation. Nous pouvons seulement conjecturer qu'elle est due à une force immense du même type que l'énergie sombre actuelle, énergie présente dans tout l'espace et cause de la « gravitation négative » qui dilate l'Univers. L'énergie d'inflation a pu

apparaître sans cause, pendant un temps très bref, comme les [fluctuations quantiques d'énergie](#) actuelles.

Les fluctuations quantiques

Ce phénomène est une variation d'énergie sans cause autre que l'affirmation « l'énergie du vide est instable », ce qui n'explique rien. Ce n'est pas une véritable évolution, car « l'emprunt » d'énergie ΔE à l'espace environnant (matérialisé par l'apparition d'une paire particule+antiparticule) est restitué au plus tard Δt secondes après par fusion d'une particule et d'une antiparticule, en respectant la contrainte $\Delta E \cdot \Delta t \leq \frac{1}{2}\hbar$ conformément au principe d'incertitude de Heisenberg. C'est donc une apparition.

Lorsque ce phénomène se produit au voisinage de l'horizon d'un trou noir, il peut arriver qu'une des deux particules retombe dans le trou noir tandis que l'autre s'en échappe ; la masse du trou noir diminue alors un peu et on dit qu'il « s'évapore ».

2.2.10.1.4 Conséquences philosophiques de la possibilité d'apparitions

Restreindre la contrainte de stabilité en admettant la possibilité d'apparitions a d'importantes conséquences philosophiques. Exemples :

- Certaines chaînes de causalité peuvent apparaître *après* la naissance de l'Univers. L'opposition entre matérialisme scientifique (qui refuse les phénomènes sans cause interne à l'Univers) et spiritualisme (qui croit possibles des phénomènes dont la cause est externe à l'Univers, comme la volonté d'un Créateur) n'est plus aussi totale.
- Des situations et des phénomènes peuvent rester éternellement inexpliqués, parce que ce sont des apparitions.
- L'ensemble des lois d'évolution de l'Univers peut s'enrichir progressivement. Certaines situations ou évolutions considérées comme impossibles avec les lois physiques actuelles peuvent ne plus l'être éternellement.
- Des lois de conservation comme la conservation de l'énergie peuvent être violées à l'occasion d'une apparition.

2.2.11 Cause première

2.2.11.1 Définition et problématique

Le [postulat de causalité](#) postule que « Toute situation a nécessairement une cause qui l'a précédée et dont elle résulte ; rien ne peut exister sans avoir été créé auparavant ». Rappelons que l'existence de cette cause est un postulat, pas une certitude. L'homme justifie ce postulat par le fait qu'il peut, dans de nombreux cas, expliquer un phénomène par une situation-cause qui l'a précédé ; par induction, il postule que chaque fois qu'il aura une explication de ce *même* phénomène, ce sera la *même* cause.

Régression à l'infini

Lorsque des philosophes considèrent la « cause de la cause », puis la « cause de la cause de la cause... », etc. ils parlent d'une chaîne de causalité unique qui doit compter, d'après le postulat de causalité, autant de chaînons qu'il y a d'instantanés arbitraires avant le présent auxquels on considère la situation. Si cette chaîne avait

une situation initiale S_0 , le postulat de causalité affirme que cette situation aurait une cause. La situation S_0 ne serait donc pas la première, ce qui contredit l'hypothèse qu'elle l'est. Donc quelque soit le nombre initial N de chaînons considéré, il en existe $N+1$. Donc le nombre de chaînons est infini : *d'après le postulat de causalité, toute chaîne de causalité est infiniment longue*. Comme une suite infinie peut converger à distance finie ou infinie, selon sa « vitesse de convergence », la chaîne de causalité de l'Univers lui-même peut converger à une date infiniment lointaine ou non.

- a Si l'Univers est né à une date infiniment lointaine, tout a toujours existé et - contradiction avec le postulat de causalité - rien n'a jamais été créé !
- b Si l'Univers est né à une date particulière du passé, cette date est relative à une chaîne de causalité *externe* à notre Univers, celle d'un *autre* Univers où la naissance du nôtre aurait été un événement particulier. Cette conjecture n'a rien d'absurde, mais comme nous n'aurons jamais de moyen de « voir » l'extérieur de notre Univers, au sens « espace » comme au sens « temps », elle restera éternellement une conjecture et nous ne nous en occuperons plus.

Les philosophes traditionnels ayant toujours ignoré la possibilité d'une suite infinie de converger à distance finie, ils ont admis sans preuve l'hypothèse a) ci-dessus. Comme cette conclusion les gênait, ils ont ajouté au postulat de causalité une exception : « Chaque chaîne de causalité a un début appelé *cause première* ou *cause ultime* », une « cause sans cause » que certains ont appelée Dieu, créateur de l'Univers. (Détails sur un « [passé infini](#) » et une « [chaîne de causalité infinie](#) »).

L'opinion de Laplace

Contrairement à la possibilité théorique de prévoir l'avenir et de reconstituer mentalement le passé qu'il énonçait en 1814 dans son [déterminisme philosophique](#), Laplace écrivait en 1798 dans un résumé de la méthode scientifique : « *Les causes premières et la nature intime des êtres nous resteront éternellement inconnues.* » [\[204\]](#)

2.2.11.2 La cause première, un concept contradictoire

Une cause première qui n'a pas de cause est un non-sens. Des philosophes comme Schopenhauer considèrent donc qu'il est impossible de fonder les choses en raison [\[173\]](#).

S'il existait une situation première qui n'est précédée d'aucune situation différente, cette situation première serait stable, incapable d'évoluer depuis le commencement des temps ou un passé infiniment lointain. Elle n'aurait donc pu causer les situations suivantes et elle existerait toujours. La situation actuelle, sa conséquence, serait alors la même et nous ne constaterions pas d'évolution, conclusion contredite par l'expérience ; et puisque la vie est évolution, il n'y en aurait pas non plus.

Si une situation première stable avait brusquement commencé à évoluer, c'est qu'elle n'aurait pas été stable. Pourquoi serait-elle restée stable jusque là, et quelle est la cause de son début d'évolution ? On voit que le concept de cause première est contradictoire si on ne prend pas en compte une variation possible de la vitesse d'évolution, comme dans la [discussion suivante](#) et [précédemment](#).

Voyons à présent deux conjectures sur la structure du temps permettant de se représenter un temps sans commencement : le passé infini et le temps cyclique.

2.2.11.3 Un passé infini, conjecture invérifiable

On peut envisager un temps sans commencement parce qu'il remonte infiniment loin dans le passé ; l'Univers n'aurait alors jamais été créé, il aurait toujours existé. Mais cette conjecture est et restera invérifiable parce qu'elle défie nos possibilités expérimentales : la vitesse de la lumière nous interdit de « voir » un passé plus lointain que 13.7 milliards d'années, et la physique actuelle nous interdit d'imaginer ce qui a précédé le [temps de Planck](#).

2.2.11.4 Un temps cyclique, pure spéculation

Le concept de « temps cyclique » où l'Univers revient au temps t_2 à l'état exact où il se trouvait au temps précédent t_1 est pure spéculation. En supposant que l'Univers est un système fermé (conformément à sa définition en tant que « tout »), il n'échange rien avec un extérieur quelconque : ni énergie, ni travail, ni chaleur, ni matière, rien. Le deuxième principe de la thermodynamique s'applique alors, et l'entropie de l'Univers ne peut que rester stable ou croître. Rester stable implique un équilibre incompatible avec la croissance actuelle de l'Univers, qui est une certitude ; croître implique une évolution irréversible. Dans les deux cas, le temps ne peut être cyclique.

L'évolution de l'Univers peut échapper au deuxième principe de la thermodynamique si l'Univers échange quelque chose avec un extérieur. Mais l'existence d'un tel extérieur est plus qu'hypothétique, elle est invérifiable parce que l'expansion de l'Univers est plus rapide que la vitesse de la lumière, c : nous ne saurons jamais s'il existe quelque chose au-delà des limites actuelles de l'Univers visible, parce qu'aucune énergie, aucun signal ne peut et ne pourra jamais nous en parvenir, la théorie de la Relativité l'a démontré.

Si, malgré tout, on conjecture que l'Univers est un système ouvert qui échange ce qu'il faut pour que son entropie diminue, la thermodynamique permettrait qu'il revienne à un niveau d'organisation du passé. Mais il resterait alors une seconde objection : comment l'Univers pourrait-il rétrécir jusqu'à la dimension minuscule qu'il avait lors du [Big Bang](#), puisque nous savons qu'il est en expansion, au contraire, et même en expansion de plus en plus rapide du fait de l'énergie sombre ? Il faudrait des lois physiques aujourd'hui inconnues, purement spéculatives.

Du point de vue cosmologique, donc, la doctrine de "*Eternal retour*" de Nietzsche est donc injustifiable ; du reste, il a renoncé à cette intuition métaphysique et n'en a plus parlé après 1885.

2.2.11.5 Une solution métaphysique du problème de la cause première

On peut éliminer la contradiction du postulat de causalité due au problème de la cause première en restreignant ses exigences : ce point est abordé au paragraphe "[Stabilité des lois d'évolution et situations nouvelles](#)".

Comme il a toujours existé des phénomènes inexplicables, l'homme qui refuse d'inventer une explication préfère postuler qu'ils ont aussi une cause, mais qu'il ne la connaît pas. Admettre qu'un phénomène n'a pas de cause, qu'il n'a été précédé d'aucune situation mais qu'il est apparu spontanément, ex nihilo, est

psychologiquement difficile à supporter car l'homme déteste instinctivement les situations inexplicables ou mal connues, dont il craint une évolution dommageable : c'est sa « peur de l'inconnu ».

2.2.11.6 Erreurs philosophiques concernant la cause première

Voici quelques raisonnements métaphysiques contredits par la science ; toutes les affirmations des titres de cette section sont fausses.

2.2.11.6.1 La physique permet un Univers d'âge infini

On n'a pas besoin de remonter de proche en proche dans le passé pour parler de la « cause première » de tout ce qui existe ou se produit dans l'Univers : existences et évolutions remontent nécessairement à l'événement physique qui lui a donné naissance, le [Big Bang](#) d'après nos connaissances actuelles ; tout événement ou situation précédent le Big Bang échappe à nos lois physiques comme à nos possibilités d'observation ; envisager une autre date relève de spéculations métaphysiques.

Ce n'est pas parce qu'on peut *imaginer* une suite infinie de dates de situations ayant précédé la situation actuelle que la « cause première » de l'Univers est infiniment loin dans le passé, comme l'ont pensé certains philosophes : imaginer quelque chose ne lui confère (ou dénie) aucune existence physique, Kant l'a expliqué au XVIIIe siècle [\[M3\]](#) ; et une suite infinie de dates peut, selon le cas, tendre vers une date finie ou vers l'infini.

2.2.11.6.2 L'Univers a été créé par Dieu, lui-même incréé

Par définition l'Univers est tout ce qui existe. Puisqu'une conséquence n'est sa propre cause que si rien ne change, l'Univers qui évolue n'a pu se créer lui-même. Donc ou l'Univers a toujours existé sans avoir jamais été créé, ou il a été créé par (ou à partir de) quelque chose d'extérieur.

Refusant une existence sans création, des croyants ont attribué cette création à Dieu, *lui-même incréé* ; ils ont remplacé ainsi la propriété gênante d'existence de l'Univers de toute éternité par un concept tout aussi contradictoire, et en plus infalsifiable [\[203\]](#) : Dieu. Et lorsqu'on leur objecte le caractère illogique de leur démarche, ils affirment qu'il existe *une autre logique*, celle de leur révélation, qu'il faut admettre sans recourir à celle qui admet le postulat de causalité, c'est-à-dire en inventant une absurdité pour expliquer quelque chose que l'on ne sait pas.

De nos jours, les croyants légitiment leur choix personnel de croire en Dieu par l'impossibilité de prouver qu'il n'existe pas, démontrée par Kant [\[M3\]](#). Certes, une telle croyance est logiquement possible, puisqu'elle est infalsifiable [\[203\]](#). Mais elle n'explique pas scientifiquement la création de l'Univers, elle y renonce au profit d'une cause inventée indémontrable. Croire une révélation, c'est toujours renoncer à une explication scientifique, c'est abandonner sa logique pour faire plaisir à son cœur.

2.2.11.6.3 Une chaîne de causalité remonte nécessairement à l'infini

La grande majorité des philosophes du passé comme du présent manquent terriblement de culture scientifique, ce qui les empêche souvent d'être rigoureux. Ils le sont d'autant moins qu'une culture littéraire prédispose à des jugements intuitifs - donc biaisés par des émotions - et au recours injustifié à des analogies, des

rapprochements et des inductions sources d'erreurs. Elle prédispose aussi à substituer à quelque chose qu'on ne sait pas (« Comment est né l'Univers ? ») quelque chose qu'on imagine (« L'Univers a été créé par Dieu, lui-même incréé »).

C'est ainsi qu'une erreur de raisonnement datant du Ve siècle avant J.C., l'erreur de Zénon [19], est encore fréquente de nos jours même chez des philosophes diplômés. Voyons - à titre d'exemple - comment une régression à l'infini, suite des causes d'une cause à des instants arbitraires, peut ne pas reculer plus loin qu'une date finie du passé.

D'après le postulat de causalité, si toute situation que j'observe a une cause, cette cause a elle-même une cause qui l'a précédée, et ainsi de suite : il y a nécessairement « régression à l'infini ». On ne trouve ici que deux cas possibles :

- Soit l'intervalle de temps entre une cause et sa conséquence a un minimum, une borne inférieure $\varepsilon > 0$;
- Soit cet intervalle de temps peut être aussi petit que l'on voudra, sans jamais être nul - par définition de la notion de conséquence *qui suit* une cause.

L'intervalle de temps ci-dessus est un intervalle physique, sa durée ne peut être arbitraire : *rien ne nous permet à priori de rechercher la cause d'une situation donnée arbitrairement loin dans le passé à partir de la situation actuelle*. Lorsque l'homme a énoncé le postulat de causalité à partir d'observations d'enchaînements de situations et de phénomènes, ces observations ne remontaient pas infiniment loin dans le passé. Affirmer à priori que la causalité remonte infiniment loin est un postulat supplémentaire, sans justification expérimentale, une pure spéculation ; nous ne le ferons pas.

1^{er} cas : l'intervalle de temps cause-conséquence a un minimum non nul

La suite infinie des causes doit alors nécessairement s'allonger indéfiniment vers le passé, d'après le postulat de causalité et conformément au [déterminisme philosophique de Laplace](#) et [200]. Il n'y a alors pas de cause initiale ayant déclenché toutes les suivantes, situation psychologiquement insupportable.

L'hypothèse d'une *granularité du temps* impliquant l'existence d'un intervalle minimum de temps, extrêmement court mais non nul, entre une cause et sa conséquence, n'est pas absurde ; elle est envisagée dans le cadre de certaines théories physiques (encore spéculatives) sur le [Big Bang](#) et l'intervalle de temps qui le suit jusqu'au [temps de Planck](#).

2^{ème} cas : l'intervalle de temps entre une cause et sa conséquence peut être aussi petit que l'on voudra, mais pas nul

La suite des causes dépend alors de la loi d'intervalle de temps $\Delta t(n)$ entre la cause n et sa conséquence.

- Si, lorsque l'on remonte dans le passé, $\Delta t(n)$ décroît assez vite, l'infinité des causes peut converger vers un instant initial bien que la suite des causes soit infinie. La situation limite à cet instant initial est la « cause première ».

C'est l'ignorance du concept mathématique de suite convergente qui explique le raisonnement faux sur la « cause première » fait par les philosophes traditionnels [19].

- Mais si, lorsque l'on remonte dans le passé, $\Delta t(n)$ tend bien vers zéro mais ne décroît pas assez vite, la suite infinie des causes remonte infiniment loin dans le temps et il n'y a pas de « cause première ». Notre postulat de causalité doit alors être complété par l'affirmation : « Le temps remonte infiniment loin dans le passé, il n'y a ni cause première, ni création initiale ».

2.2.11.1 Discussion scientifique

2.2.11.1.1 Théorie cosmologique de la gravitation quantique

Cette théorie cosmologique récente [223], intéressante mais invérifiable aujourd'hui, unifie la Relativité et la Mécanique quantique en quantifiant la gravitation, l'espace et le temps. Elle modélise bien le [Big Bang](#) et [l'inflation](#) qui a suivi. Elle prévoit même un *avant Big Bang*, qui se termine par une contraction infinie de l'espace appelée *Big Crunch*. Cette contraction, immédiatement suivie du Big Bang, est appelée *Big Bounce* (grand rebond).

Selon cette théorie, l'Univers existerait avant le Big Bang/Big Bounce et le 2^e principe de la thermodynamique serait respecté, l'entropie croissant bien jusqu'au Big Bounce, s'annulant alors, et croissant de nouveau dans notre Univers actuel. *Les causes pourraient alors remonter au-delà du Big Bang...*

2.2.11.1.2 Conséquences de la cosmologie sur le « début de la causalité »

L'Univers a un âge fini, environ 13.7 milliards d'années. A l'instant de son commencement appelé « [Big Bang](#) », et dans la toute petite fraction de seconde qui a suivi jusqu'au [temps de Planck](#), nous savons seulement que nos lois physiques ne s'appliquaient pas [17]. La causalité des lois physiques telle que nous l'entendons aujourd'hui ne s'appliquait pas non plus avant le temps de Planck, si nous entendons l'utiliser dans des raisonnements scientifiques. Il faut donc limiter la remontée des causes utilisables dans nos raisonnements concernant des phénomènes de l'Univers au temps de Planck. Et comme nous savons que l'Univers est né avant, une éventuelle cause ultime serait née avec lui, mais *nous ne pouvons raisonner scientifiquement à partir d'elle car aucune loi physique ne correspond à une situation entre le Big Bang et le temps de Planck.*

En résumé, ***la cause ultime à partir de laquelle nous pouvons raisonner est la situation au temps de Planck.*** Si un jour les modèles cosmologiques, basés par exemple sur la théorie des cordes, donnent des résultats scientifiquement acceptables, nous pourrions peut-être remonter plus loin dans le passé...

2.2.11.1.3 Conséquences de la Relativité sur l'unicité de la cause première

Depuis la théorie de la Relativité, le temps n'est plus défini de manière absolue comme à l'époque de Newton : il varie avec l'observateur, il se déroule à une vitesse qui peut varier avec lui. Une éventuelle cause *unique* de tous les événements serait nécessairement l'événement point de départ *unique* de toutes les lignes d'univers. Si un tel point existait, *ce qui n'est pas démontré*, ce serait un événement qui aurait eu des conséquences multiples (comme c'est le cas en physique quantique) en

déclenchant des évolutions multiples, chacune donnant lieu à une ligne d'univers particulière conduisant jusqu'à une situation observable aujourd'hui.

L'unicité du point de départ de tous les événements de l'Univers n'est nullement démontrée. Je l'ai postulée parce qu'entre le Big Bang et le temps de Planck ($0.54 \cdot 10^{-43}$ s) l'Univers était plus petit que la distance de Planck, $1.6 \cdot 10^{-35}$ m et que les durées étaient inférieures à $0.54 \cdot 10^{-43}$ s ; mais l'unicité n'est qu'une conjecture.

Pendant l'intervalle de temps entre le Big Bang et le temps de Planck *il se peut que le temps et l'espace soient discontinus, voire quantifiés, et qu'ils aient des propriétés différentes de celles que nous connaissons, propriétés qui impactent la causalité*. La cause première du Big Bang serait alors suivie jusqu'au temps de Planck d'événements régis par des lois physiques que nous ne connaissons pas [\[17\]](#).

Relativité et temps cyclique

Il existe une interprétation des équations de la Relativité générale selon laquelle le temps serait cyclique : l'expansion actuelle de l'Univers serait suivie d'une contraction infinie (le « [Big Crunch](#) »), qui serait suivie d'un nouveau Big Bang, etc.

Cette théorie est contestable, car basée sur une densité moyenne de l'Univers plus forte que celle qui a été calculée, et sur l'absence « d'énergie sombre » à l'origine de la « gravitation négative » qui fait que l'expansion accélère ; en outre, elle ignore le deuxième principe de la thermodynamique. Mais des travaux théoriques récents sur la théorie des cordes lui redonnent un espoir de crédibilité en cas de confirmation expérimentale.

Lors du Big Crunch l'Univers finirait par se comporter comme la matière autour d'un trou noir, qui s'effondre sur elle-même du fait de son propre poids comme les étoiles lourdes en fin de vie, et c'est ce trou noir de masse colossale qui terminerait la phase de contraction. Mais comme, parmi les milliers de trous noirs que nous connaissons il n'y en a pas un qui explose comme l'a fait le Big Bang, cette théorie n'est pas confirmée par l'expérience. Elle n'est pas non plus confirmée par les calculs, qui prédisent qu'un trou noir « s'évapore » lentement quand il est grand, puis de plus en plus vite au fur et à mesure que sa masse diminue, mais qu'il n'explose pas avec [l'inflation](#) qui a suivi le Big Bang faute d'énergie sombre.

2.2.11.2 Conclusions sur la cause première

Sur le plan philosophique, une cause ultime avant le Big Bang est un concept métaphysique purement spéculatif, inutilisable dans les raisonnements logiques. Je ne peux en expliquer l'invention que par l'ignorance par certains philosophes de la physique moderne, ou par leur incapacité à comprendre la notion de convergence à distance finie maîtrisée depuis si longtemps par les mathématiciens.

La logique veut que tant que le postulat de causalité s'applique, une chaîne de causalité régresse nécessairement à l'infini, résultat contradictoire avec l'existence et les propriétés du [temps de Planck](#) si la « vitesse de régression » n'est pas suffisamment rapide. Le postulat de causalité ne s'applique donc certainement pas au-delà du temps de Planck où, d'ailleurs, la physique a d'autres lois que celles qui régissent le monde à notre échelle.

L'invention du concept de cause ultime peut aussi s'expliquer par le besoin psychologique de ne pas laisser une question sans réponse, quitte à *inventer* une solution et à y croire ensuite malgré son absurdité. Exemple : « Dieu a créé l'Univers sans avoir été créé ». Une telle cause ultime est une *idole* au sens de Nietzsche.

Enfin et pour terminer de manière souriante, voici le point de vue de Spinoza sur la cause ultime :

"Et ainsi ils ne cesseront de vous demander la cause de la cause, jusqu'à ce que vous recouriez à la volonté de Dieu, c'est-à-dire à l'asile de l'ignorance."

Daniel MARTIN

<http://www.danielmartin.eu/contact.htm>

3. Références

[Livre] Les références ci-dessous et les explications scientifiques de ce texte ont été simplifiées pour être plus concises. On trouvera des détails dans le livre :

**Le déterminisme étendu pour mieux comprendre et prévoir
*Un pont entre science et philosophie pour la pensée rationnelle***

<http://www.danielmartin.eu/Philo/Determinisme.pdf>

[BB] Le Big Bang, phénomène irréversible

Rappel : les détails scientifiques et les références nécessaires sont dans le [\[Livre\]](#).

On appelle « Big Bang » le commencement de l'Univers, il y a 13.7 milliards d'années. Ce commencement fut une colossale explosion affectant la boule d'énergie extrêmement dense et [de toute petite taille](#) qu'était l'Univers initial. Cette explosion a eu la particularité de dilater l'Univers, *en créant de l'espace ou en occupant de l'espace qui existait à l'extérieur (nous ne le saurons jamais)*.

Nous ne savons pas et ne saurons jamais s'il existait et s'il existe encore quelque chose, espace et énergie, en dehors de l'Univers. La raison de cette ignorance est simple : nous ne pouvons disposer que des informations qui nous sont parvenues depuis cette époque sous forme d'ondes électromagnétiques et d'ondes gravitationnelles, et la Relativité a démontré que toutes ces ondes voyagent à la vitesse de la lumière. Toute éventuelle information externe à l'Univers ne nous serait pas encore parvenue ; et elle ne nous rattrapera jamais, car le rayon de l'Univers en expansion croît plus vite que la vitesse de la lumière. L'expansion de l'Univers se poursuit de nos jours, à une vitesse sans cesse croissante.

[Holisme]

L'holisme est une méthode de représentation et de compréhension qui considère chaque phénomène ou entité comme un tout, sans déduire son comportement de ceux de toutes ses parties ou de quelques-unes. Une représentation holiste est donc l'opposé d'une représentation réductionniste, dont elle refuse le caractère analytique et simplificateur. Pour un holiste, donc, l'explication du fonctionnement psychique de l'homme ne peut se déduire de l'analyse du fonctionnement de ses neurones.

La description holiste d'un objet complexe comprend nécessairement celle – *statique* - de ses composants en tant que parties de sa structure globale, et celle – *dynamique* - des comportements d'ensemble qui en résultent.

L'interprétation holiste (appelée aussi "globaliste" out "de Duhem-Quine") affirme que ce n'est jamais une hypothèse isolée qui est testée, c'est tout un contexte, une axiomatique non (ou mal) explicitée dont l'hypothèse n'est qu'une partie. Donc lorsqu'une hypothèse testée est réfutée, il n'est pas facile de savoir si la réfutation porte sur elle seule, ou sur tout ou partie de son contexte, ou sur l'hypothèse dans son contexte ; et lorsqu'elle est vérifiée, elle l'est dans un certain contexte expérimental - et lui seul.

L'inflation

Nos connaissances de physique nous permettent de comprendre le déroulement du Big Bang à partir d'une petite fraction de seconde (appelée "[temps de Planck](#)") après l'instant initial, pas à partir du début ; entre l'explosion initiale du Big Bang (temps zéro) et le temps de Planck, nos lois physiques ne s'appliquent pas. Nous savons quand même qu'il y a eu, peu après le Big Bang, un très court moment (de l'ordre de 10^{-32} seconde) appelé *inflation* pendant lequel la dimension de l'Univers a augmenté infiniment plus vite que la vitesse de la lumière, son diamètre étant multiplié par un facteur colossal de l'ordre de 10^{30} ... au moins ! ([Détails](#))

[M3] Kant :

- "*Critique de la raison pure*" (1781) Editions PUF, traite des limites de la raison et des connaissances ; contient la fameuse démonstration de l'impossibilité de prouver que Dieu existe ou qu'il n'existe pas.
- "*Critique de la raison pratique*" (1790) Editions PUF, traite de la loi morale.
- "*Critique de la faculté de juger*" (1788) Editions Flammarion, traite du jugement de goût et de la finalité téléologique.

[Planck] Distance et temps de Planck

En dessous d'une distance minuscule, dite "*de Planck*", $d_p = 1.6 \cdot 10^{-35}$ m l'espace physique lui-même ne peut plus être considéré comme continu et nos lois physiques (y compris celles de la Mécanique quantique) ne s'appliquent plus :

Aucune distance inférieure à d_p n'a de sens pour un phénomène physique. Le postulat de continuité de l'espace n'est pas vrai pour des distances inférieures.

Au tout début de l'Univers juste après le Big Bang, il y a aussi eu une durée pendant laquelle la densité d'énergie permettait à toutes les particules de fusionner en s'approchant à une distance inférieure à d_p . Pendant cette durée nos lois physiques actuelles ne s'appliquaient pas. Cette durée est le "*temps de Planck*" $t_p = 0.54 \cdot 10^{-43}$ s mis par la lumière pour parcourir la distance de Planck d_p ; c'est une durée extraordinairement courte, mais non nulle.

Principe d'homogénéité

Ce principe de logique est dû à Aristote, qui l'a énoncé sous forme d'interdit : "*On n'a pas le droit de conclure d'un genre à un autre*". Il voulait dire qu'une relation logique ne peut exister qu'entre deux objets du même genre. Exemples :

Relation de physique

Une relation ne peut exister qu'entre grandeurs de même type. Ainsi, $A = B$; $A \geq B$ et $A \neq B$ ne sont possibles que si A et B sont tous deux des masses (ou des longueurs, ou des durées, etc.) Même condition pour l'addition $A + B$. Autre façon d'illustrer l'exigence d'homogénéité : il n'y a aucun moyen de mesurer une masse en unités de charge électrique ou de longueur.

Action de l'esprit sur la matière

Cette action, estimée possible par certains spiritualistes, est contraire au principe d'homogénéité. Du reste, elle contredirait la physique : une action matérielle n'est possible qu'avec un échange d'énergie, et on ne voit pas comment une idée abstraite ou une pensée humaine pourraient fournir ou absorber l'énergie mise en jeu.

Une idée n'est cause ou conséquence que par l'intermédiaire d'un esprit humain, ou de Dieu pour les croyants. Une réalité ne peut être cause d'une idée que dans un esprit qui pense.

Principe de raison suffisante

Le principe de raison suffisante fait partie des principes de base des raisonnements, sans le respect desquels ils ne pourraient pas être logiques. Énoncé : "*rien n'existe ou n'arrive sans qu'une cause ait rendu sa survenance nécessaire, c'est-à-dire inévitable. Pour qu'une chose soit comme elle est et pas autrement, il y a une raison suffisante*" [173].

[9] Selon l'expérience, l'espace local entre deux points A et B peut s'avérer :

- *Séparable*, la propagation de l'effet d'une cause située en A ne pouvant alors s'effectuer jusqu'à B plus vite que la vitesse de la lumière, conformément à la Relativité ;
- *Non séparable*, la propagation étant alors instantanée, conformément à la Mécanique quantique ; c'est ce cas surprenant qui a été vérifié dans l'expérience d'Alain Aspect, au début des années 1980 [10].

Inversion du temps

Dans les années 1950, John Bell a montré, dans son étude de l'invariance CPT que les lois de la physique restent inchangées lorsqu'on change simultanément les particules en antiparticules (C), la parité - réflexion miroir de l'espace qui change la droite en gauche (P) - et le sens du temps (T). Et le formalisme de l'électrodynamique quantique dû à Feynman montre qu'une antiparticule d'énergie positive (comme le positon - identique à l'électron mais de charge positive) qui se déplace du présent vers l'avenir est équivalente à une particule d'énergie négative qui remonterait le cours du temps.

[10] "*Cette étonnante Mécanique quantique*", discours d'Alain Aspect du 17/06/2002. http://www.academie-sciences.fr/academie/membre/s170602_aspect.pdf

Deux photons jumeaux, dits « intriqués » car produits ensemble d'une façon qui leur confère un état quantique global, *se comportent comme une particule unique, inséparable* : toute mesure de l'état de l'un correspond toujours à l'état de l'autre, quelle que soit leur distance ; et une action sur l'un d'eux se répercute sur l'autre en un temps nul – donc inférieur au temps qu'il faudrait à la lumière pour l'atteindre.

[17] Entre l'instant théorique $t=0$ du [Big Bang](#) et le [temps de Planck](#) ($0.54 \cdot 10^{-43}$ seconde), on ne sait pas ce que le temps et l'espace signifient physiquement. De toute manière, les atomes eux-mêmes sont nés bien après le temps de Planck. Aucune loi de notre physique ne s'applique à la région minuscule de l'espace qu'occupait l'Univers avant le temps de Planck, région où la température, la densité de masse et la courbure de l'espace étaient infinis. **Aucune causalité ne peut donc remonter au-delà du temps de Planck.**

On peut même douter que la notion de « temps zéro » ait un sens un jour. Une éventuelle *création* de l'Univers au temps zéro impliquerait à cet instant-là l'existence de quelque chose d'autre que l'Univers, chose dont nous sommes incapables de parler ; et le temps lui-même étant lié à la matière et l'espace par la Relativité, nous ne pouvons pas, non plus, parler de temps *avant* l'Univers ou à *son commencement*.

[19] Au Ve siècle avant J.-C. le philosophe grec Zénon "démontrait" que le mouvement n'existe pas objectivement en disant ceci :

« *Le rapide Achille ne peut rattraper une tortue partie avant lui parce que, tandis qu'il parcourt la distance qui le sépare de la tortue, celle-ci avance et franchit un nouvel intervalle qu'Achille doit franchir à son tour, etc. Le nombre d'étapes de rattrapage d'Achille est donc infini, et il ne peut rattraper la tortue.* »

Et Zénon, qui ne connaissait pas les notions de suite et de série convergentes, en déduisait que le mouvement n'existe pas objectivement ! Il est regrettable qu'un grand nombre de personnes pensent encore de nos jours qu'une suite infinie tend toujours vers l'infini, et que des philosophes déplorent les régressions à l'infini (comme la cause de la cause de la cause...) en oubliant qu'elles peuvent converger à distance finie.

[39] Cause efficace et cause finale : la cause *efficace* (ou agissante) est le phénomène physique qui en produit un autre ou la situation à l'origine d'une autre, alors que la cause *finale* désigne le but (la finalité) d'une action. Dans ce texte il s'agit toujours de cause efficace, appelée par Schopenhauer *Principe de raison suffisante du devenir* [173].

Aristote avait défini deux autres causes :

- La cause *matérielle* : substrat ou matériau nécessaire à la construction d'un objet ;
- La cause *formelle* : idée, plan ou cahier des charges nécessaire à la construction d'un objet ; c'est aussi la prémisse dont se déduit une conclusion.

[172] "Dictionnaire biographique", page Avicenne
<http://www.cosmovisions.com/Avicenne.htm>

[173] Livre "De la quadruple racine du principe de la raison suffisante" par Arthur Schopenhauer (1813, remanié en 1847), publié par Librairie Germain Baillière et Cie en 1882 - <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5400813b>

[200] Déterminisme philosophique de Laplace

L'hypothèse fondamentale du [déterminisme philosophique](#) (celle de la chaîne de causalité unique commençant infiniment loin dans le passé et se poursuivant infiniment loin dans l'avenir) est connue sous le nom de *déterminisme de Laplace*.

Dans « l'Essai philosophique sur les probabilités » (1814) pages 3 et 4

http://books.google.fr/books?hl=fr&id=EOQGAAAAYAAJ&q=une+intelligence#v=snip_pet&q=une%20intelligence&f=false

Laplace a imaginé un démon capable, à partir du présent, de reconstituer sans erreur tout le passé et de prévoir sans erreur tout l'avenir.

[203] **Infalsifiable** : qualifie une affirmation dont on ne peut prouver la fausseté éventuelle. C'est le contraire de falsifiable. Une hypothèse (ou une théorie) est dite falsifiable si on peut imaginer (ou mieux, créer expérimentalement) des situations où elle est prise en défaut, même si on ne peut pas imaginer de situation où elle se réalise - notamment parce qu'elle est indécidable ou spéculative. Exemples :

- La loi d'Ohm "L'intensité de courant électrique à travers une résistance est proportionnelle à la différence de potentiel entre ses bornes" est falsifiable ;
- L'affirmation "Ce feu de forêt a pour origine la volonté de Dieu" est infalsifiable.

Les situations testées sont des conséquences démontrables ou des prédictions vérifiables de la théorie. Mais attention :

- Lorsqu'un phénomène prévu *ne se produit pas*, son absence ne suffit pas pour réfuter la théorie car [des circonstances perturbatrices inattendues peuvent être intervenues](#), et il est impossible de raisonner sur quelque chose qui ne s'est pas produit.

Lorsqu'une théorie prédit une certaine valeur d'une variable et que les mesures expérimentales en fournissent une différente, la différence doit être expliquée et provenir de circonstances hors du champ de la théorie (comme la précision des mesures), sinon celle-ci doit être considérée comme fausse.

- Les prédictions testées doivent être strictement déductives (par un algorithme de calcul des prédicats ou de calcul mathématique) ; on ne peut tester aucune prédiction utilisant une induction, ni utiliser une induction pour réfuter une prédiction de la théorie.

[204] Laplace, Pierre-Simon de : "Exposition du système du monde" (1798), Livre premier, chapitre II -

http://fr.wikisource.org/wiki/Exposition_du_syst%C3%A8me_du_monde/Livre_premier

Citation :

"En interrogeant ainsi la nature, et soumettant ses réponses à l'analyse nous pouvons, par une suite d'inductions bien ménagées, nous élever aux causes des phénomènes, c'est-à-dire, les ramener à des lois générales dont tous les phénomènes particuliers dérivent. C'est à découvrir ces lois, et à les réduire au

plus petit nombre possible, que doivent tendre nos efforts ; car les causes premières et la nature intime des êtres nous seront éternellement inconnues."

[223] Théorie cosmologique de la gravitation quantique :

- Dossier "Vers une gravitation quantique" – La Recherche n° 458, décembre 2011
- Abhay Ashtekar :
 - Page d'accueil de ses articles sur la gravitation quantique : <http://gravity.psu.edu/people/Ashtekar/articles.html>
 - Conférence "The Big Bang and the Quantum"
 - "QUANTUM NATURE OF THE BIG BANG IN LOOP QUANTUM COSMOLOGY" <http://gravity.psu.edu/people/Ashtekar/articles/solvaynet.pdf>

[264] Définition du déterminisme philosophique selon le "Vocabulaire technique et critique de la philosophie", par André Lalande, éditions PUF :

"Doctrine philosophique suivant laquelle tous les événements de l'univers, et en particulier les actions humaines, sont liés d'une façon telle que les choses étant ce qu'elles sont à un moment quelconque du temps, il n'y ait pour chacun des moments antérieurs ou ultérieurs qu'un état et un seul qui soit compatible avec le premier."

Le déterminisme philosophique implique l'existence d'une chaîne de causalité unique : la situation présente ne peut être suivie ou précédée que d'une seule évolution possible. Non seulement cette définition est fautive pour les phénomènes physiques, mais son application à l'imprévisible comportement humain est ridicule.

Daniel MARTIN
<http://www.danielmartin.eu/contact.htm>