

L'Espace d'un instant : la naissance du Temps!

Quelle réalité pour le Temps !

Très tôt, en tant qu'être vivant l'homme a éprouvé le besoin de mesurer le temps. Les Sumériens ont inventé le gnomon, la clepsydre et le polo ; La sentence la plus fréquemment inscrite sur les cadrans solaires était en évoquant les heures : « *omnes vulnerant ultima necat, toutes blessent, la dernière tue !* ». Nous sommes bien obligés de constater qu'à notre niveau la réalité du temps s'écoule du passé vers le futur en passant par un présent fugitif, la preuve en est la mémoire.



Gnomon

Pour Aristote, le temps est la mesure du changement, par contre, pour Newton le temps s'écoule, même lorsque rien change. Pour Einstein, le temps et l'espace sont réels, mais pas absolus, il conçoit l'espace-temps qui n'est autre que le champ gravitationnel.

La cosmologie nous apprend que l'espace se dilate dans une évolution géométrique. La dilatation implique l'évolution d'une distance en fonction du temps.

La Relativité d'Albert Einstein a démontré que le temps n'est pas ce que nous croyons : une horloge posée par terre retardera par rapport à celle posée sur un

meuble. Le temps ne passe pas de la même façon partout dans l'Univers. Plus près de la Terre, là où la gravité est la plus forte, le temps ralentit, il s'écoule plus vite à la montagne, et plus lentement en plaine, il s'écoule plus lentement pour nos pieds que pour notre tête !

Il faut donc abandonner l'idée de temps comme flux inerte au long duquel se déroule la Réalité.

Selon Carlo Rovelli, nous devons à la mécanique quantique trois découvertes fondamentales qui bouleversent radicalement l'idée classique du temps : la granularité, l'indétermination et l'aspect relationnel des variables physiques :

- La granularité concerne l'échelle de Planck qui implique que pour des temps très petits de l'ordre de 10^{-44} secondes et des longueurs très petites de l'ordre de 10^{-33} centimètres, les effets quantiques se manifestent sur le temps. Cela signifie qu'au-dessous de cette valeur, le temps n'existe plus. Les équations de la gravité quantique n'ont pas de variable de temps. La gravité quantique à boucles prévoit que les sauts temporels élémentaires sont petits, mais finis.
- L'indétermination signifie que l'espace-temps fluctue, car il peut se trouver dans une superposition de configurations différentes. Ainsi, l'électron n'a pas de position précise, il est étalé dans un nuage de probabilité.
- L'aspect relationnel implique que « *le temps s'est dissous dans un réseau de relations qui ne tisse même plus une toile cohérente. Les images d'espaces-temps fluctuants, superposés les uns aux autres, qui se concrétisent par intermittence par rapport à des objets donnés constituent une vision vague du grain fin du monde* » Le temps n'est pas orienté : la différence entre le passé et le futur n'existe pas dans les équations élémentaires du monde, « *dans le vaste univers, il n'y a rien que nous ne puissions raisonnablement nommer présent* ».

Les quanta de gravité n'évoluent pas dans le temps, en fait, ce dernier doit émerger, comme l'espace, du champ gravitationnel quantique.

Donc, le temps n'est pas une grande horloge cosmique qui règle la vie de l'Univers.

L'écoulement du temps est interne au monde, il naît dans le monde même, à partir des relations entre des événements quantiques qui sont le monde et qui

déterminent eux-mêmes leur temps propre. Cela révèle que la thèse newtonienne ne fonctionne plus quand nous regardons les choses très petites. L'impression du temps qui s'écoule n'est qu'une approximation qui n'a de valeur que pour nos échelles macroscopiques !

Einstein écrivait « *Pour ceux d'entre nous qui croient en la physique, la distinction entre passé, présent et futur n'est qu'une illusion obstinément persistante !* »

La Thermodynamique et la flèche du temps

La thermodynamique est fondée sur le premier et le second principe, c'est à dire, la conservation de l'énergie et l'augmentation de l'entropie. Ces lois imposent de fortes contraintes à tout modèle de l'univers.

Les lois microscopiques sont invariantes par rapport au renversement du temps — le comportement macroscopique subit la flèche du temps. Dans ce sens le temps (microscopique), soit n'existe pas, soit existe seulement en tant que paramètre ou en tant que rythme convenu et sans direction. La distinction entre le passé et le futur reste arbitraire. Cela est d'autant plus vrai dans la théorie de la relativité. Nous avons vu que non seulement des horloges en déplacement sont plus lentes que des horloges immobiles, mais aussi, à très haute altitude, où la force gravitationnelle est moindre, le temps passe plus vite que sur terre. Si on ne tenait pas compte de ce phénomène, la mesure de la position par notre GPS serait faussée. Là, le temps fait partie des coordonnées générales, relatif, intriqué avec l'espace.

Le temps acquiert une flèche lors du passage des lois microscopiques au comportement macroscopique en raison :

- 1) du changement d'échelle (les états macroscopiques étant vraiment inéquivalents), et
- 2) par la présence d'un état initial hors équilibre.

Cela nous enseigne deux choses : c'est l'existence de phénomènes irréversibles qui permet de fixer le sens d'écoulement objectif du temps, de l'autre côté, cela fournit des contraintes absolues aux conditions initiales de l'univers (pour chaque modèle de l'univers). Ces contraintes peuvent être perçues comme des conditions de compatibilité. Mais il est tout aussi possible de les regarder comme fondamentales et déterminantes pour l'univers que nous connaissons. La dynamique n'est pas constituée seulement des équations du mouvement, mais

aussi des conditions initiales et de bord. Il semble que la thermodynamique, par le second principe, détermine au moins certains aspects de cette dynamique.

Le temps thermique.

Selon Carlo Rovelli ¹ il y a un lien étroit entre énergie et temps, l'énergie est ce qui gouverne l'évolution dans le temps. Le temps déterminé par un état macroscopique s'appelle le « **temps thermique** ».

Lors du Big Bang, l'énergie était maximale, un peu plus de treize milliards d'années après la grande entropie nous conduit vers une température cosmique qui voisine le zéro absolu. Le temps est manifestement né avec le Big Bang et mourra quand l'énergie disparaîtra.

La flèche du temps pourrait être liée à nous davantage qu'à l'Univers car notre expérience du monde vient de l'intérieur. La basse entropie des origines de l'univers initiatrice de la flèche du temps pourrait être liée à nous davantage qu'à l'univers...

Toujours selon Rovelli ² : « *La notion intuitive de temps nous paraît simple. En réalité, elle a de nombreuses caractéristiques qui la rendent complexe et structurée. Premièrement, le temps a une structure linéaire : il est comme une droite dont chaque point représente un instant. Deuxièmement, cette droite est orientée, le passé étant différent du futur. Troisièmement, cette droite contient un instant très particulier, le « **présent** », qui sépare le passé du futur et qui, en un sens, est le seul qui soit réel. Quatrièmement, le temps est mesurable, par exemple en jours et heures. Cinquièmement, le temps est universel, le même pour tous. Enfin, le temps passe même quand rien ne bouge : il a sa propre réalité, indépendante de la complexité des événements qui se succèdent. On peut donner de toutes ces propriétés une image un peu naïve en considérant le temps de l'Univers comme le battement imposé par une Grande horloge cosmique. »*

Philippe Guillemant ³ estime que « *la logique nous oblige à admettre que la seule chose que nous sachions vraiment sur la réalité est qu'il s'agit d'un champ d'informations commun à toutes nos consciences qui lui sont en quelque sorte « cablées » via nos cerveaux* ».

Sa conception du temps est que, en nous rapprochant d'une date précise de notre futur, le dit futur continue à évoluer en permanence au point que lorsque nous l'atteignons, il est totalement distinct de l'ancien futur qui existait un an plus tôt.

¹ Carlo Rovelli, « L'ordre du Temps », Flammarion.

² Carlo Rovelli, « S'affranchir du Temps », Pour la science, 2010, N°397.

³ Philippe Guillemant, « La route du Temps, Éditions Le temps présent.

Le futur se comporte comme une simple information.

Les évènements que nous pourrions changer dans notre futur dépendent obligatoirement de fluctuations atemporelles du champ de gravitation quantique, qui seules sont susceptibles d'influer sur notre ligne temporelle.

Mais, au niveau du monde quantique, il n'y a ni espace, ni temps, c'est un monde d'évènements et non de choses, il est le bouillon de particules virtuelles, la grande officine d'où Tout vient et Tout retourne dans un cycle infini.

Lors du développement de la théorie quantique de la gravité, la variable **t** avait disparu, à la fin des années 1960, dans l'application des règles formelles de la mécanique quantique à la relativité générale par les physiciens américains John Wheeler et Bryce DeWitt. Au niveau fondamental, la notion de temps ne semblait plus nécessaire ; mais au niveau macroscopique et dans notre quotidien, ce n'est pas le cas. Comment et dans quels contextes ce temps émergerait-il ?

Vers 1993, une réponse possible fut proposée par C. Rovelli et A. Connes : la notion de « **temps thermique** ». Cette notion ne concernerait que les systèmes thermiques (une bougie qui brûle, un système vivant...) où les échanges de chaleur et de température jouent un rôle primordial, contrairement aux systèmes mécaniques (oscillation d'un pendule, mouvement des astres...). Or les systèmes thermiques, que l'on analyse dans la thermodynamique, sont irréversibles, et non les seconds. L'étude des systèmes dans la mécanique classique pourrait se passer de la variable temps, **t**, comme l'a montré à partir des années 1970 Carlo Rovelli, qui précise que, si cela est une possibilité dans le cadre de la physique newtonienne, c'est une nécessité dans le cadre de la théorie quantique de la gravité.

Cette différence importante entre systèmes mécaniques et systèmes thermiques peut être mise en relation avec la notion d'entropie.

La notion d'entropie pourrait « être définie comme la capacité..., issue de la thermodynamique qui étudie des systèmes formés d'un nombre immense de composants, par exemple les atomes d'un gaz, dont on ne peut caractériser l'état que de façon probabiliste et statistique ; l'étude de ces systèmes thermiques dans ce cadre montre qu'ils évoluent naturellement vers l'état le plus probable, la valeur de l'entropie ne pouvant qu'augmenter, ce qui définit une direction d'évolution, c'est-à-dire un « temps ».

Toujours d'après C. Rovelli, ce « temps thermique » émergerait donc d'un traitement statistique d'un ensemble constitué d'un très grand nombre de « particules » ; il correspondrait à notre perception intuitive du temps et ne serait que l'effet dû à l'impossibilité de connaître l'état de chacune de ces particules, étant donné leur nombre.

Si cette hypothèse de « temps thermique » est correcte, le temps ne serait en somme rien d'autre qu'un effet de notre ignorance de l'état microscopique des systèmes macroscopiques.

La notion de couleur n'a plus de sens au niveau subatomique, puisqu'elle est un effet de l'interaction des atomes, des électrons avec les « grains » de lumière, les photons ; de même, la notion de temps ne serait plus nécessaire à ce niveau subatomique.

Mesurer le temps n'aide pas à le comprendre, car il s'agit dans cette mesure de comparer l'évolution d'un système aux oscillations périodiques plus ou moins régulières d'un autre système, que ce soit le retour attendu du soleil, le retournement d'un sablier, le mouvement du balancier d'une pendule, l'effet piézo-électrique d'un cristal de quartz ou la fréquence d'un rayon lumineux provoquant une excitation bien déterminée d'un atome de césium dans une horloge atomique. La précision, la finesse de plus en plus grande des horloges ne semble pas accroître la précision sur la mesure d'un temps de plus en plus introuvable, mais seulement celle de la mesure de la concordance, de la simultanéité de deux phénomènes, de deux événements. Une légende rapporte que Galilée, voulant vérifier la régularité de la lente oscillation d'un grand chandelier dans une église de Pise, se servit de son pouls comme point de comparaison...

En conclusion : tout ce que nous appréhendions de l'Univers ne correspondait pas à la Réalité : il n'est pas né du Néant, ni du Chaos mais (dans l'état actuel de nos connaissances) d'une fluctuation du vide qui, avec le Big-Bang, créa la matière, l'espace et le temps. La Terre n'est pas plate, elle est à peu près ronde, elle n'est pas au centre du monde, elle tourne autour du soleil, le soleil n'est pas au centre de l'Univers, l'Univers n'a pas de centre, une ligne droite est courbe, le cercle n'est pas rond, rien ne peut aller plus vite que la lumière...

La réalité du microcosme nous a été en partie révélée par les mathématiques de la mécanique quantique et par des expériences de haute technologie. Les fluctuations du vide ont généré le (ou des) Big Bang. Celui-ci, puis les synthèses stellaires sont à l'origine de la matière et de l'antimatière.

L'antimatière existe bel et bien et l'on est capable de la stocker !

La Réalité du temps est relative : à notre échelle il s'écoule invariablement du passé vers l'avenir. Au niveau quantique le temps n'existe pas, il bouillonne de tous les futurs possibles.

A notre niveau, le temps est lié à l'énergie thermique, il dépend de l'entropie de notre Univers.

Selon Bohm, c'est le monde implicite (fluctuations du vide) qui pilote le monde explicite matériel dans lequel nous vivons. Par intrication l'ensemble de l'Univers se comporte comme un immense hologramme dans lequel toutes les particules sont interconnectées.

Pour les adeptes de la gravité quantique l'infiniment grand et l'infiniment petit n'existent pas.

L'espace n'est pas un continuum, il est formé par les quanta d'espace, il est granulaire.

Si l'Univers n'est pas infini il est donc connaissable !

Mais, le théorème d'incomplétude de Gödel nous révèle que les mathématiques ne pourront jamais nous permettre d'atteindre la vérité de la Réalité.

Faisant partie intégrante de l'Univers il ne nous sera jamais possible de le décrypter dans sa totalité !

PhJC septembre 2023