

La Physique de l'invisible

Chapitre 4 L'Espace-Temps, la cinquième dimension

Sommaire

Quelle Réalité pour le Temps ?

L'espace-temps de Minkovski

Le paradoxe des jumeaux

Explication par l'inégalité triangulaire

Le temps thermique

Diagramme de la représentation de l'espace-temps

La cinquième dimension

La matière noire

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 ne cat, 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.

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 ¹, 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} sec. et des longueurs très petites de l'ordre de 10^{-33} cm, 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

¹ Carlo Rovelli, « Par-delà le visible », Odile Jacob.
Carlo Rovelli, « L'ordre du temps », Flammarion.

« Le temps s'est dissout dans un réseau de relations qui ne tisse même plus une toile cohérente. Les images d'espace-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 ! »

L'Espace-Temps de Minkowski

Lorsque, en 1908, le célèbre mathématicien Hermann Minkowski, qui avait été l'un des professeurs d'Albert Einstein au Polytechnicum de Zurich, démontra qu'il pouvait intégrer les fondements de la Relativité Restreinte dans une forme de géométrie quadridimensionnelle, ce dernier prit conscience de l'importance cruciale de la notion géométrique d'espace-temps et en fit la base de l'espace-temps courbe dans sa théorie de la Relativité Générale.



Hermann Minkowski (1864-1909)

Le quadri espace de Minkowski incorporait les trois dimensions standard de l'espace ainsi qu'une quatrième dimension décrivant l'écoulement du temps. On appelle les points de ce quadri espace des « évènements », car chacun de ces points a une caractéristique temporelle aussi bien que spatiale.

La physique classique est également géométrisée, et ce depuis Isaac Newton, voire avant ; l'intérêt de cette géométrisation de la relativité restreinte est dans le fait que :

- le temps lui-même y est représenté comme indissociablement lié à l'espace matériel,
- que les propriétés abstraites de la relativité restreinte y trouvent une représentation proche de la géométrie euclidienne,
- et que cela a aidé à la formulation de la relativité générale.

Cet espace a été introduit dès 1905 par Henri Poincaré, soit deux ans avant les publications de Minkowski sur ce sujet. La primeur de la découverte est un sujet à débats, mais il semble, d'après certains historiens des sciences, que l'interprétation moderne de cet espace comme **espace-temps physique**, est une idée de Minkowski, qui abandonna l'éther électromagnétique, à la suite d'Einstein, alors que Poincaré n'y renonça jamais vraiment, considérant que dans un référentiel quelconque les quantités mesurées sont toujours « apparentes », alors que les quantités « réelles » sont mesurées dans le référentiel de l'éther.



Henri Poincaré (1854-1912)

Poincaré a proposé cet espace comme une présentation algébrique et géométrique possible, pratique d'un point de vue calculatoire, mais axiomatique, c'est-à-dire conventionnelle, des propriétés mathématiques liées au principe de relativité et à l'invariance des équations de Maxwell par changement de référentiel inertiel, en privilégiant de manière conventionnelle comme réel le référentiel de l'éther, c'est-à-dire un espace réel qui serait classique.

Seul, Hermann Minkowski a vu, dès 1907, que cet espace était un modèle expérimentable (et pas seulement conventionnel) d'un espace-temps où espace et temps sont liés dans les lois de la mécanique et y développa, entre autres, les conditions de la causalité et de la simultanéité suivant le référentiel de l'observateur.

Poincaré se rapprochera de ce point de vue en 1912, dans sa dernière conférence intitulée « L'espace et le temps » prononcée à Londres, où il exprimera que l'on peut définir un espace-temps à partir du groupe de symétrie des lois de la physique, en posant cette fois le principe de relativité comme une convention.

Le paradoxe des jumeaux.

Le paradoxe des jumeaux ou paradoxe des horloges fut présenté par Paul Langevin au congrès de Bologne en 1911 :

Des jumeaux sont nés sur Terre. L'un fait un voyage aller-retour dans l'espace en fusée à une vitesse proche de celle de la lumière. D'après le phénomène de dilatation des durées de la relativité restreinte (Einstein), pour celui qui est resté sur Terre la durée du voyage est plus grande que pour celui qui est parti dans l'espace. Pour chaque jumeau, le temps s'écoule normalement à sa propre horloge, et aucune expérience locale ne permet au jumeau voyageur de déterminer qu'il est en mouvement pendant l'aller ou le retour. Mais quand ce dernier rejoint le jumeau terrestre, il s'aperçoit qu'il a mesuré au total moins de secondes et il rentre donc plus jeune que son jumeau sur Terre.



Paul Langevin 1872-1946

Exemple :

Un astronaute part dans une fusée à 8/10 de la vitesse de la lumière par rapport à la Terre. Après 30 ans passés dans la fusée, combien de temps s'est-il écoulé sur Terre ?

Soit t' le temps passé dans la fusée = 30 ans.

Soit v la vitesse de la fusée = 0,8 C.

En appliquant la formule d'Albert Einstein :

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

On a :

$$t = \frac{30 \text{ ans}}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = \frac{30 \text{ ans}}{\sqrt{1 - 0,64 \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{30 \text{ ans}}{\sqrt{1 - 0,64}}$$

donc

$$t = \frac{30 \text{ ans}}{\sqrt{0,36}} = \frac{30 \text{ ans}}{0,6} = 50 \text{ ans sur la terre.}$$

Il se sera donc écoulé 50 ans sur la terre : le cosmonaute aura 30 ans alors que son jumeau en aura 50 !

La conclusion, admise par l'écrasante majorité des spécialistes, dit que le jumeau voyageur finit plus jeune que celui resté sur Terre, et que cette différence peut être considérée comme due à la dissymétrie entre les jumeaux car le voyageur change de référentiel galiléen pour revenir, alors que l'autre n'en change pas. Des observations, notamment sur les durées de vie (de la création à l'annihilation) de muons, sont considérées comme en accord avec cette conclusion.

Explication par l'Inégalité triangulaire

Dans l'espace minkowskien, il existe un équivalent de l'inégalité triangulaire, établissant les relations entre les longueurs des côtés d'un triangle. Toutefois,

celle-ci n'est cohérente que si le triangle est entièrement compris dans un cône de lumière.

Selon Roger Penrose,² cette appellation de « cône de lumière » désigne l'ensemble de l'espace-temps balayé par des rayons lumineux passant par un évènement donné. Ce cône de lumière (double cône de sommet P), nous dit quelle est la vitesse de la lumière dans n'importe quelle direction au point évènement P (ci-dessous Fig.1). L'image intuitive d'un cône de lumière est celle d'un éclair de lumière qui tout d'abord se rapproche en se concentrant entièrement au point P (cône de lumière passé), et qui immédiatement après s'en éloigne dans toutes les directions (cône de lumière futur) à la manière d'un flash d'explosion en P, de telle sorte que la description spatiale qui suit l'explosion consiste en une suite croissante de sphères concentriques. (Ci-dessous Fig. 2°

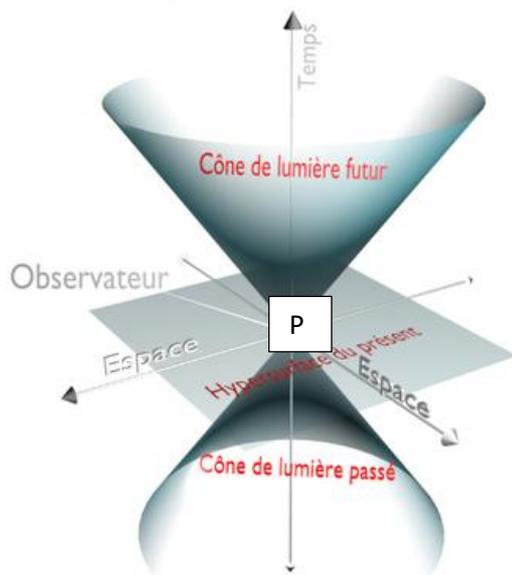


Figure 1

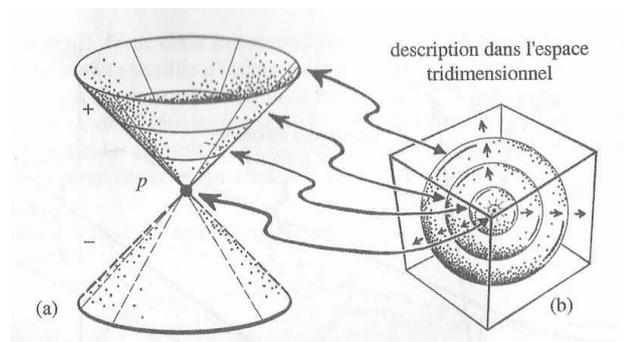


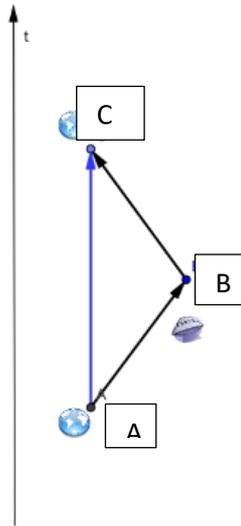
Figure 2

Pour un triangle ABC vérifiant ces conditions, on a alors l'inégalité dans l'espace minkowskien :

Cette inégalité est l'inverse de celle de l'espace euclidien, car dans l'espace minkowskien, un chemin faisant un détour (dans l'espace-temps) est toujours plus « court » (en termes d'intervalle espace-temps) que la « ligne droite ».

² Roger Penrose, « Les Cycles du temps », Odile Jacob.

Une « ligne droite » dans l'espace minkowskien est la ligne d'Univers d'une particule qui n'est soumise à aucune force, donc à vitesse constante ou stationnaire.



Paradoxe des jumeaux dans un espace de Minkowski

Cette propriété permet d'illustrer et d'expliquer le paradoxe des jumeaux en relativité restreinte :

Le « jumeau » restant sur terre parcourt une « ligne droite » dans l'espace-temps AC. Le jumeau qui voyage parcourt deux segments de droites AB et BC (il fait demi-tour en B pour rejoindre son jumeau en C). Les lignes d'Univers des deux jumeaux forment un triangle ABC, dont les côtés sont de genre temps (vitesse des jumeaux inférieure à celle de la lumière) et orientés vers le futur.

L'intervalle espace-temps du jumeau qui voyage est donc inférieur, selon l'inégalité triangulaire minkowskienne, à celui du jumeau stationnaire. Le temps propre du jumeau qui voyage est inférieur et il est donc plus jeune au terme de son voyage que son jumeau resté sur Terre !

Le temps thermique.

Selon Carlo Rovelli³ 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** ».

³ Carlo Rovelli, « L'ordre du Temps », Flammarion.

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 (- 273,15 C°) ⁴.

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...

Selon Philippe Guillemant ⁵ 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 différent de l'ancien futur qui existait un an plus tôt.

Le futur se comporte comme une simple information.

Les événements 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.

En conclusion : tout ce que nous appréhendons 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 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.

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

⁴ Le zéro absolu est une limite physique qu'on peut approcher sans l'atteindre.

⁵ Philippe Guillemant, « La route du Temps, Éditions Le temps présent.

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 !

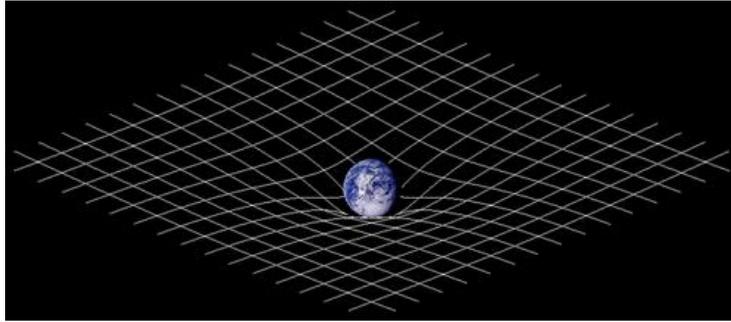
Mais, le théorème d'incomplétude de Gödel nous révèle que les mathématiques ne pourront jamais nous permettre d'atteindre la vérité de la Réalité. Faisant partie intégrante de l'Univers il ne nous sera jamais possible de le décrypter dans sa totalité !

La conception de l'espace et du temps est l'un des grands bouleversements survenus au début du XX^{ème} siècle dans le domaine de la physique, mais aussi pour la philosophie. Elle est apparue avec la relativité restreinte et sa représentation géométrique qu'est l'espace de Minkowski ; son importance a été renforcée par la relativité générale.

Ce qui unifie espace et temps dans une même équation, c'est que la mesure du temps peut être transformée en mesure de distance (en multipliant t , exprimé en unités de temps, par c), et t peut donc de ce fait être associé aux trois autres coordonnées de distance dans une équation où toutes les mesures sont en unités de distance. En ce sens, on pourrait dire que le temps est de l'espace.

Dans la relativité restreinte décrite par Albert Einstein, l'espace-temps a quatre dimensions : trois d'espace et une de temps. Il en est de même en relativité générale. Mais, dans le cadre de théories spéculatives, l'espace-temps peut avoir une ou des dimensions additionnelles :

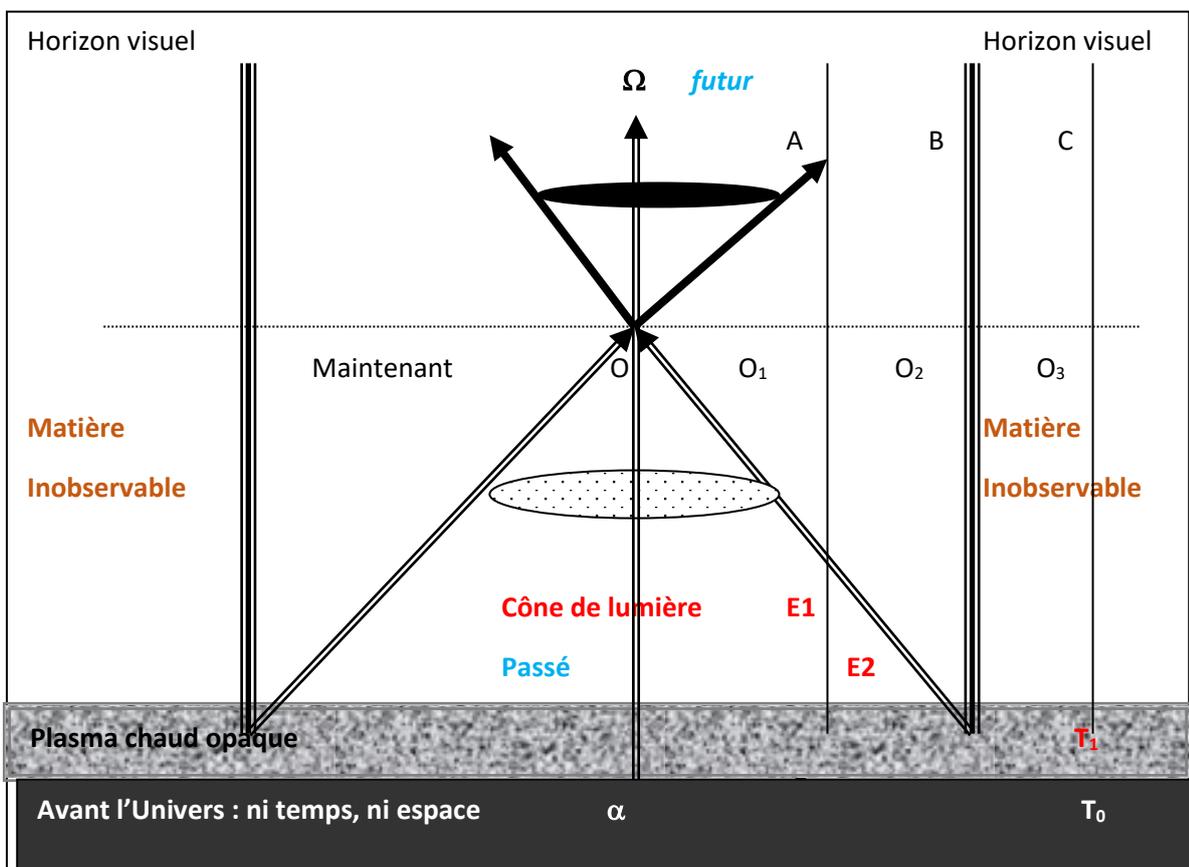
- La première théorie d'un espace-temps à plus de quatre dimensions est celle proposée en 1914 par Gunnar Nordström (1881-1923).
- L'espace-temps est également pentadimensionnel dans la théorie de Kaluza-Klein proposée en 1919-1921 par Theodor Kaluza (1885-1954) puis revue en 1926 par Oskar Klein (1894-1977).
- L'espace-temps a dix dimensions dans le cadre de théorie des cordes ; il en a onze dans celui de la théorie M proposée en 1995 par Edward Witten (1951-).



Influence d'une masse (ici, la Terre) sur l'espace-temps.

Diagramme de la représentation de l'Espace-Temps.

Le diagramme de l'univers (ci-dessous) représente la configuration de l'espace-temps.



L'espace-temps est représenté par deux cônes réunis par le sommet, l'un est en bas décrivant le passé, l'autre en haut décrivant le futur.

Pour un observateur situé en O, l'axe du temps est $\alpha-\omega$. Il faut imaginer ce double cône glissant sur l'axe $\alpha-\omega$, qui représente *notre ligne d'Univers*, c'est à dire notre histoire dans l'espace-temps.

⁶ Figure inspirée de G.F.R. ELLIS, université du Cap, Afrique du Sud, La Recherche, 1, 98)

La droite O, O_1, O_2, O_3 représente les trois dimensions de l'espace d'aujourd'hui. Toutes les informations lumineuses en provenance du passé sont rassemblées à l'extrémité du cône de lumière passé. Au-delà de notre cône de lumière passé, les événements sont inobservables. Les observations que nous pouvons faire d'une galaxie dont la ligne d'Univers est A, par exemple, sont limitées au moment où elle est passée en E_1 . Une galaxie dont la ligne d'Univers est B n'a pu être vue qu'en E_2 . Une galaxie dont la ligne d'Univers est C est hors de notre horizon visuel : nous n'avons jamais pu la voir et nous ne la verrons jamais.

D'autres observateurs situés en O_1, O_2 ou O_3 verraient d'autres galaxies, mais aucune de celles que nous voyons.

La ligne T_0 figure la naissance de l'Univers, en dessous, c'est à dire avant, il n'y a ni temps ni espace. La ligne T_1 est le moment à partir duquel l'Univers est devenu transparent au rayonnement (découplage) : tous les événements qui se sont déroulés entre T_0 et T_1 nous sont et seront définitivement inaccessibles car inobservables : c'est l'ère du plasma chaud et opaque.

Cette représentation implique qu'il n'y a qu'un seul Univers et que nous ne pouvons le voir que depuis un seul événement spatio-temporel (le point O, ici et maintenant). Cependant, rien ne garantit que nous choisissons le meilleur modèle pour décrire l'Univers réel.

La cinquième Dimension

Ian Mc Crimmon reprit l'idée d'une cinquième dimension proposée en 1914 par Theodor Kalusa et Oskar Klein.

La théorie de Kaluza-Klein (encore appelée théorie de KK) est historiquement le premier modèle ayant tenté d'unifier les deux interactions fondamentales que sont la gravitation et l'électromagnétisme.

En 1919, Theodor Kaluza proposa sa découverte à Einstein qui l'accepta.

La théorie, qui a été présentée pour la première fois dans une publication en 1921, tentait d'adapter la Relativité Générale au cas d'un espace-temps à 5 dimensions.

En 1926, le physicien suédois Oskar Klein adjoignit une nouveauté à la théorie de Kaluza en donnant à la 5e dimension une forme enroulée et une longueur extrêmement petite.

Dans son ouvrage, intitulé « *La Nature de la cinquième Dimension* », Mc Crimmon ⁷ conteste la théorie de la relativité, qui est basée sur un espace-temps à quatre dimensions, dans lequel la vitesse de la lumière constitue une limite impossible à dépasser et est constante pour tous les observateurs. La conséquence immédiate est que, au voisinage de cette vitesse, les distances raccourcissent, le temps se dilate et la masse tend vers l'infini.

Pour Mc Crimmon ce raisonnement d'une limite imposée par la vitesse de la lumière est absurde. En effet, si la masse augmente avec la vitesse, elle devient de plus en plus grande jusqu'à ce qu'elle atteigne la vitesse de la lumière (+C).

Or, la possibilité de l'atteindre est pour la masse de perdre sa propre masse. Où celle-ci serait donc susceptible de passer ?

En fait, dans le cas de la 5^{ème} dimension (5D), il n'y a pas disparition de la masse car elle existe toujours dans le cadre de (-C) : elle se transforme en anti masse (voir schéma ci-après, la 5^{ème} dimension selon Mc Crimmon).

Cependant, si la théorie de la Relativité donne d'excellentes explications des événements qui surviennent dans un monde à quatre dimensions, de telles explications sont insuffisantes dans un monde 5D.

Autre objection : les forces atomique, globale et galactique, auraient une origine externe plutôt qu'une multitude de causes proposées par les scientifiques actuels.

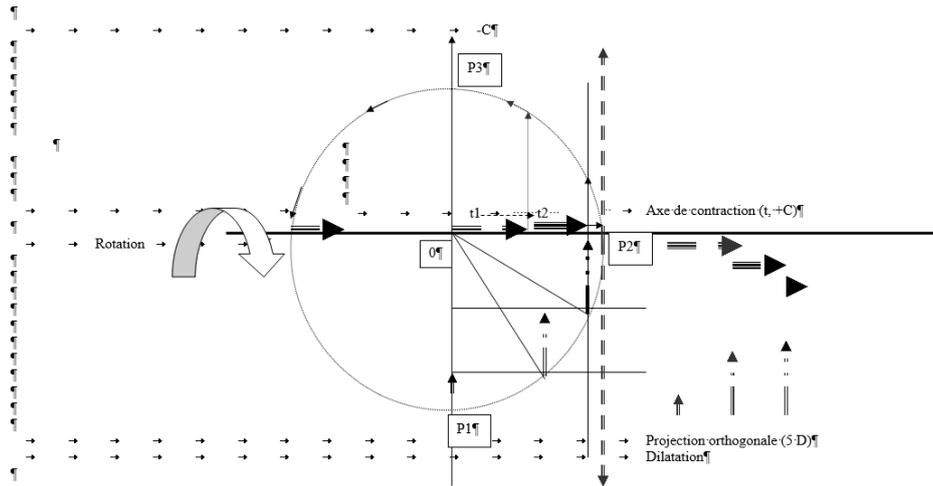
Enfin, la 5D établit que le proton et l'électron sont des particules qui oscillent, produisent des ondes et passent continuellement « à travers » la vitesse de la lumière 5D. La masse de l'électron, classiquement considérée comme une petite fraction d'un proton, serait une illusion de l'espace-temps de la 5D. Les électrons existent en tant que masse égale et opposée, sur l'autre côté de la vitesse de la lumière.

- Dans le cas de la théorie de la relativité, plus on tend vers C plus les distances sont réduites dans la direction du temps.
- Dans le cas de la théorie de la cinquième dimension elles se dilatent. Si la masse dépasse sa propre radiation, c'est à dire dépasse la vitesse de la lumière, elle se transforme entièrement en lumière paradoxale (flash luminique) : un monde d'énergie pure où les 4, 5 dimensions ont disparu,

⁷ Ian McCrimmon, « The Nature of the fifth dimension » De revolutionibus orbium rotantium. Editions Cosmatum.

c'est l'état instantané : on se retrouve en dehors de la sphère du monde perceptible.

Dans le cadre de la cinquième dimension (schéma ci-dessous), lorsque le monde tourne autour de l'axe du temps, ce dernier devient alternativement positif et négatif tous les 90° formant ainsi une boucle fermée où coexistent la matière (M) et l'antimatière (-M). Ce monde miroir n'existe que dans la sphère des 4, 5 D (+C).



La cinquième dimension selon Mc Crimmon

Il existerait donc 3 Univers :

- deux à l'intérieur de la sphère : **U1** : (+M), (+C) et **U2** : (-M), (-C).
- un (**U3**) à l'extérieur empli de lumière paradoxale.

Le Tout est structuré, et à chaque structure correspond une fonction.

U1 est l'Univers dans lequel nous vivons. De l'atome aux galaxies tout est déterminé par les 4 forces : forte, électromagnétique, faible et gravitationnelle.

U2 est l'Univers alternatif de la 5 D, c'est l'Univers de l'antimatière et du temps négatif.

Au point P2 on passe de $-C$ à $+C$ et : $[-C][+C] = -C^2 = 1$

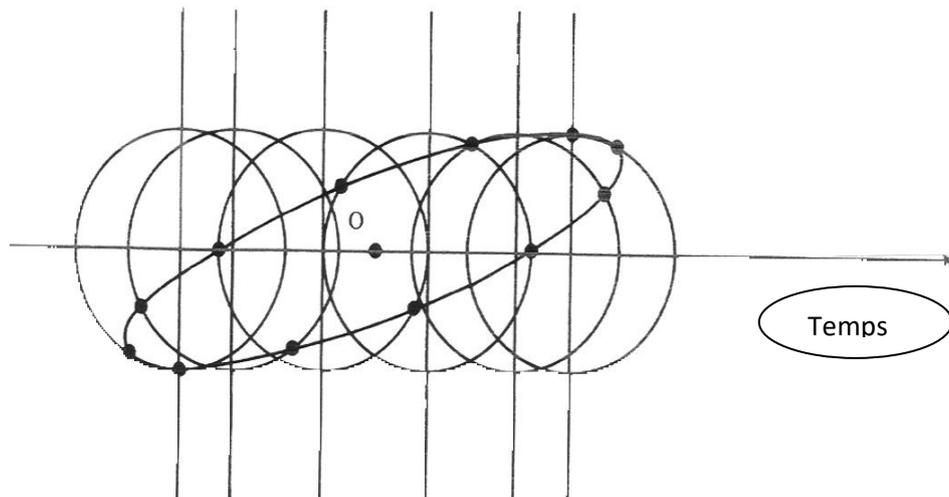
Au point P3 on passe de $+C$ à $-C$ et : $[+C][-C] = -C^2 = 1$.

Le monde progresse dans le temps, et au point de rotation il se déplace dans un espace-temps positif puis dans un espace-temps négatif.

Le temps et l'espace sont inversés, la masse se transforme en antimasse, l'antimasse en masse [$m \cdot s^{-1}$] devient [$s \cdot m^{-5}$] et TCP (temps, charge et parité) = - [1/- 1] et l'on passe dans un espace-temps négatif.

Ces cycles sont répétés dans les autres quadrants de la sphère pour retourner au point P1, transmutant tous les 90° pour produire une boucle fermée.

U3 est l'Univers transmuté de la lumière paradoxale ou énergie pure. Après le flash (tangente à la sphère de l'Univers matériel), il n'y a plus de matière, plus d'espace, plus de temps, plus de référentiels. Toute communication intelligente entre les trois Univers est impossible !



Cycles rotation/révolution TCP

La découverte de cette hypothétique cinquième dimension permettrait de répondre à de nombreuses questions.

Le physicien suédois Oskar Klein déclare que « *la cinquième dimension est invisible pour les humains, là où la force gravitationnelle et l'électromagnétisme se rencontrent* ».

La matière noire ?

Les scientifiques pourraient être en mesure de découvrir la nature de la matière noire. Celle-ci représente l'un des plus grands mystères actuels de notre Univers. Cette possibilité pourrait permettre des avancées spectaculaires à la fois d'un point de vue scientifique et dans la compréhension de l'Univers.

La matière noire pourrait « ***être transférée depuis la cinquième dimension à travers des portails, créant des reliques de matière noire et de la matière noire fermionique à travers la cinquième dimension*** ».

En réalité, la matière noire pose un problème de taille aux scientifiques. On ne sait pas où elle est, ni ce qu'elle est. Seule son existence est généralement admise par les scientifiques. Ainsi, « *nous savons qu'il n'y a pas de candidat viable dans le modèle standard de la physique, donc ce fait demande la présence d'une nouvelle physique* ».

[L'Univers serait composé de : 72% d'énergie noire, 23% de matière noire, 4% de gaz (Hydrogène, Hélium...) et de planètes, 1% d'étoiles.]

En réalité, l'existence d'une hypothétique *cinquième dimension invisible* a déjà été théorisée par le modèle de Randall-Sundrum en 1999. En essayant de simplifier au maximum, cette théorie suggère que nous vivons dans un Univers à cinq dimensions. La cinquième serait effectivement invisible et constituée de particules qui pourraient interagir avec les quatre autres, **les gravitons**.⁸

Imaginons les dimensions de notre Univers étant comme les plis d'un rideau de douche, que les physiciens appellent « **branes** »⁹. Dans le chapitre précédent, nous avons vu que nous serions des gouttes d'eau qui se déplaceraient en ligne droite d'un point à l'autre sur une brane, sans jamais avoir conscience d'une autre brane, ni pouvoir l'apercevoir.

En parallèle, des particules hypothétiques, les gravitons, se trouveraient sur une autre brane. Ces gravitons seraient capables d'interagir partiellement avec notre brane, et seraient responsables des forces gravitationnelles. Ceci expliquerait notamment pourquoi la force gravitationnelle est plus faible que la force électromagnétique. Elle serait simplement partiellement en interaction avec notre brane. Personne n'a pour l'instant découvert de graviton pour confirmer cette théorie.

Si au niveau macroscopique, cette force peut sembler importante, une fois remise à l'échelle des autres forces fondamentales (électromagnétique, nucléaire faible et nucléaire forte), elle est ridiculement faible.

⁸ Particule élémentaire hypothétique vectrice de l'interaction gravitationnelle. De masse nulle, neutre électriquement, cette particule serait l'équivalent du photon dans une théorie encore inexistante de la gravitation quantique.

⁹ Dans la théorie des cordes, une brane, ou p-brane, est un objet étendu, dynamique, possédant une énergie sous forme de tension sur son volume d'univers, qui est une charge source pour certaines interactions de la même façon qu'une particule chargée, telle l'électron par exemple, est une source pour l'interaction électromagnétique. Dans le langage des branes, une particule chargée est appelée une 0-brane (0 dimension spatiale et 1 dimension temporelle). [Voir chapitre 3, l'œuf cosmique.](#)

Comment l'expliquer? « *Peut-être bien à l'aide d'une dimension supplémentaire suffisamment large* », rappelle Marco Cirelli ¹⁰. La force de gravité pourrait ainsi trouver un passage et agir également dans la cinquième dimension, ce qui diminuerait l'impact général de ses effets. Avec le temps a germé l'idée d'autres forces et, pourquoi pas, d'autres particules... aux propriétés insoupçonnées.

« *Et si certaines de ces particules perdues dans la cinquième dimension jouaient en fait le rôle des particules de matière noire ?* », s'interroge Marco Cirelli. 23 % de l'univers sont de nature étrangement inconnue...

Pour comprendre l'intérêt d'une cinquième dimension pour expliquer la matière noire, le plus simple est encore l'analogie. Prenez un tuyau d'arrosage. Pour un humain, qui est grand et donc loin de l'objet, sa représentation est linéaire à une dimension. Qu'en est-il pour une fourmi ? Elle perçoit la dimension linéaire, et la dimension circulaire – la cinquième dans notre cas. Supposons à présent que deux fourmis se déplacent à la même vitesse le long du tuyau: la première en ligne droite, la seconde en en faisant aussi le tour. D'un point de vue extérieur, la seconde fourmi aura une vitesse réduite par rapport à la première, et paraîtra donc plus grosse.

En bref, « *une impulsion dans la cinquième dimension équivaut à une masse en quatre dimensions* », conclut Marco Cirelli.

Nous vivons apparemment dans un univers à 4 dimensions spatio-temporelles.

Mais cette théorie réfute cela : nous vivrions, en fait, dans un univers comportant un nombre plus élevé de dimensions. Au départ, la théorie avançait l'existence de 5 dimensions d'espace-temps. La 5e dimension serait une dimension enroulée en cercle. Cette nouvelle dimension est invisible à nos yeux, sa taille vaut la longueur de Planck, c'est-à-dire 10^{-33} cm. Il nous est impossible de nous mouvoir en elle, vu notre taille énorme en comparaison.

Peut-être que, durant l'ère de Planck, toutes les dimensions étaient enroulées, et avaient donc la taille caractéristique d'une dimension enroulée. Elles étaient prisonnières des cordes et certaines dimensions ont réussi à s'en libérer alors que les autres sont restées enroulées. Les dimensions dites étendues (celles que l'on perçoit) ont donc la taille de l'univers.

¹⁰ Chercheur CNRS dans le groupe Physique des Particules et Cosmologie du Laboratoire de Physique Théorique et des Hautes Énergies (LPTHE) du CNRS et de Sorbonne Université , situé sur le campus de Jussieu à Paris.

Selon Marco Cirelli pour prouver l'existence de la matière noire il conviendrait d'étudier :

- les courbes de rotation des galaxies,
- les amas galactiques et ...développer :
- une cosmologie de précision.

.....