

La notion de temps

Et si le temps n'existait pas ?



La réalité intemporelle (I)

Le travail des théoriciens spécialisés en physique consiste notamment à développer la théorie la plus générale possible, unifiant les deux théories cadres de la physique moderne que sont la physique quantique et la théorie de la Relativité générale.

Pour y parvenir, ces mathématiciens doivent bien comprendre le monde dans lequel nous vivons, du point de vue physique : ses dimensions, les relations qui s'établissent entre ses variables physiques, etc. Ensuite, ils doivent tenter d'imaginer de nouvelles lois, de nouvelles relations qui leur permettraient d'avoir un nouveau point de vue afin de mieux comprendre ce qui se passe à "notre échelle", qui va de l'échelle de Planck à l'échelle de l'univers, un panorama dont la distance d'un extrême à l'autre dépasse de très loin un facteur 100. Si leur théorie est complète, elle devrait même prédire ce qui se passe en dessous de l'échelle de Planck.

C'est en tout cas tout le bonheur qu'on peut leur souhaiter, mais cela reste un vœux pieux.

En compagnie de plusieurs physiciens et théoriciens dont nous allons résumer les recherches actuelles, nous allons passer en revue ces différentes étapes, que nous détaillerons dans d'autres articles, en les articulant autour de la notion de temps, un concept que nous avons déjà abordé en thermodynamique, où nous avons constaté qu'il était bien complexe à cerner.

Un dernier conseil avant de vous aventurer dans ce monde étrange. Fourbissez votre carquois intellectuel de vos meilleures armes, car, si le voyage que nous vous proposons est extraordinaire, il met votre mental à dure épreuve. Mais rassurez-vous, nous baliserons le chemin pour ne pas vous perdre dans ce labyrinthe spatio-temporel aux dimensions multiples.

La notion de temps

Les physiciens comme les philosophes ont longtemps disserté sur le concept de temps : est-il un absolu, le subit-on, y a-t-il une flèche irréversible du temps, qu'y avait-il "avant" le temps, ... ? Voilà des questions quasi métaphysiques et très difficiles à résoudre mais que certains hommes érudits n'ont pas hésité à étudier, notamment Platon, Boltzmann, Einstein, Prigogine, Kaku, Hawking et consorts.

Aujourd'hui, personne ne peut mieux définir le temps que Ferenc Krausz. Dans son laboratoire d'Optique Quantique de l'Université de Technologie de Vienne, en Autriche, en 2004 il a mesuré le plus petit intervalle de temps jamais enregistré.

Krausz a utilisé les émissions d'un laser UV pulsées à 250 attosecondes pour mesurer le plus petit saut quantique des électrons au cœur des atomes. Les événements qu'ils recherchent durent environ 100 attosecondes (100×10^{-16} sec), soit 1/100 quintillions de seconde. A une autre échelle, 100 attosecondes correspondent à une seconde comparée à 300 millions d'années. En langage informatique, cela équivaut à un processeur cadencé à près de 1 million de GHz (1015 Hz). Concrètement, le premier chiffre significatif de notre chronomètre digital se trouve à la 14ème place derrière la virgule. C'est très court.

Bien que ses collègues ne voient pas encore très bien à quoi pourrait servir cette expérience, ils pensent qu'ils lui trouveront un jour une application.

Mais Krausz est encore loin d'approcher le "temps zéro" ni même la frontière ultime du temps. En effet, il existe en physique une sorte de mur du temps, c'est l'échelle de Planck, bien connue des cosmologistes quantiques et des théoriciens qui étudient le monde à l'échelle quantique. A cette échelle subatomique, les attosecondes ressemblent à des éons.

Le monde à l'échelle de Planck présente des dimensions inférieures à 10-33 cm et des durées inférieures à 10-43 secondes, soit moins d'un trillion de trillion d'attoseconde, c'est le temps de Planck. Qu'y a-t-il au-delà ou avant cette fraction de seconde ? Tempus incognito. Personne ne le sait. Du moins jusqu'à aujourd'hui.

L'échelle de Planck marque la frontière ultime, là où s'arrêtent les lois connues de la physique et où commencent les mystères, une région où les distances et le temps sont tellement étroits que les concepts même de temps et d'espace n'ont plus de signification.

A cette échelle, les physiciens ont besoin d'autres théories pour explorer ce monde étrange. Ces concepts font partie de la famille des théories dites "supersymétriques" car elles mettent sur un même pied d'égalité la matière et l'énergie, les fermions et les bosons : il s'agit des théories de supergravité, de supercordes, la théorie M, la théorie de Tout, etc, autant de concepts très élaborés faisant appel à des univers ayant jusqu'à 11 dimensions ! Voyons ceci en détail.

Les dimensions de l'Univers

Un univers à 3 dimensions



Notre réalité physique est faite de 3 dimensions spatiales. Personne ne remettrait cette idée en question. Ce n'est même pas une idée ou une impression, c'est la réalité physique. Nous ressentons l'espace tous les jours rien qu'à travers le fait d'évoluer dans cet environnement tridimensionnel. Oui, mais...

Bien que ce monde à 3 dimensions semble le seul existant, il représente notre réalité "sensorielle", c'est-à-dire une réalité subjective qui passe par la vue, le toucher et notre interprétation du monde. Or, nous savons d'expérience que nos sens peuvent nous tromper. Toutefois, rassurez-vous,

une simple règle et une équerre peuvent nous prouver que notre univers présente bien 3 dimensions.

Et s'il y en avait plus ?

Un univers à 4 dimensions

Un univers à 4 dimensions, vous avez déjà vu ça ? En 1905, dans sa théorie de la Relativité restreinte, Einstein avait démontré que l'univers n'était pas constitué de 3 dimensions absolues plus celle du temps comme le pensait Newton, mais bien d'un continuum espace-temps à 4 dimensions dont les composantes se modifiaient en fonction de la vitesse relative des référentiels. Rappelez-vous le "paradoxe des jumeaux", le fameux "voyageur de Langevin".

Quelques physiciens un peu idéalistes ont mis 50 ans pour croire à ces effets relativistes - ou n'y ont jamais cru -, mais des expériences de physique très pointues ainsi que les phénomènes les plus violents qui se déroulent dans l'univers nous le confirment tous les jours : dans des conditions extrêmes de gravité ou d'accélération, la durée et la distance deviennent relatifs. C'est un fait, qu'on y croit ou qu'on y croit pas. A ce stade, un esprit critique préciserait que c'est du moins la réalité physique à notre échelle. En effet, personne n'a jamais vu la forme de l'univers dans un quark ou dans un électron, ces briques fondamentales de la nature. Or si nous voulons être logique avec nous-même et appliquer les principes de la Relativité, si on suppose que l'interaction gravitationnelle (l'attraction) et la densité d'énergie (leur compacité) sont très élevées dans ces particules, leurs effets doivent probablement affecter le tissu de l'espace-temps et peut-être même pour ainsi dire déchirer les dimensions locales de l'univers. Nous n'en avons pas encore la preuve pour la simple raison qu'on n'a jamais pu observer un quark ou un électron isolément, à peine leurs traces. Mais ce n'est pas parce que nous ne voyons pas quelque chose, qu'il n'existe pas.

Pure spéculation d'accord, mais depuis une génération, d'innombrables travaux théoriques indiquent que c'est effectivement à cette échelle quantique que tout se complique : l'univers tridimensionnel macroscopique pourrait n'être que l'illusion d'un monde bien plus complexe à

l'échelle de la réalité physique fondamentale. Comment en sommes-nous arrivés à cette idée ?

Un univers à 11 dimensions

Tout commença peu après la publication d'Einstein. En 1919, Théodore Kaluza nous demanda de faire un effort intellectuel supplémentaire et d'envisager un univers à plus de 4 dimensions.

Bon, d'accord, me direz-vous, nous acceptons avec plus ou moins de réticences que l'univers soit fait d'un continuum à 4 dimensions. Cela dépasse notre bon sens, mais ainsi que nous l'ont démontrées les prémisses, le bon sens est souvent l'ennemi de la logique et de la science. Ce pourrait-il que l'univers contienne plus de 3 dimensions d'espace ou plus précisément plus de 4 dimensions spatio-temporelles ? Nous sommes déjà plus sceptiques, et il n'y a pas que vous et moi. Même les scientifiques qui étudient la question reconnaissent qu'ils s'aventurent en terra incognita. Car une question demeure, où résident ces autres dimensions ?

Accessoirement, plus d'un philosophe et physiciens se sont inquiétés de savoir si cela a un sens de s'interroger sur des choses que personne ne voit ni n'a jamais détecté ? Mais ainsi va la science, rappelez-vous son objectif. Elle s'interroge sur tout et même les questions les plus folles ou jugées métaphysiques méritent une réponse. Certes, parfois la réponse se formule difficilement, mais c'est cela aussi qui rend la chose d'autant plus belle.

Kaluza et ses collègues spécialistes de la supergravité nous parlent depuis bientôt un siècle d'univers à plus de 4 dimensions. Dans sa version la plus moderne, la théorie M, "M" pour membranaire (ou mère de toutes les théories diront certains), les théoriciens pensent que l'Univers pourrait avoir... 11 dimensions !

Un univers à 11 dimensions, me rétorquerez-vous, mais où avez-vous vu ça ? En fait sur papier. Selon les théoriciens, c'est la contrainte nécessaire pour unir la théorie de la Relativité et la théorie quantique dans une théorie plus générale et, en principe, capable de prédire de nouveaux phénomènes, et notamment d'expliquer la nature intrinsèque de la lumière, l'origine du temps et pourquoi pas, le Big Bang. Les théoriciens qui ont essayé d'explorer ce monde en dessous de l'échelle de Planck en sont revenus avec d'étranges idées, et il faut le reconnaître, carrément révolutionnaires. Des physiciens comme Edward Witten, Michael Green, Michio Kaku ou Stephen Hawking nous parlent d'un espace-temps à 11 dimensions, 10 dimensions d'espace plus celle du temps, contenant non plus des particules, mais des supercordes ou des membranes en vibrations qui formeraient des particules dans leur état fondamental, de plus basse énergie. Selon les théoriciens, il est possible que les 7 dimensions spatiales excédentaires aient été "compactifiées", réduites jusqu'à l'échelle de Planck, ce qui expliquerait pourquoi on ne les voit pas. Bref, il s'agit de concepts très élaborés et intéressants mais qui, pour le dire franchement, rebutent l'ancienne génération et pas mal de lecteurs, même férus de mathématiques. Certes, ces concepts existaient depuis longtemps du point de vue théorique, mais il fallait oser les appliquer à l'univers.

A ce jour toutefois, ces étranges entités n'existent que dans la mémoire des ordinateurs car de mémoire d'homme personne n'a jamais vu les dimensions excédentaires de cet univers. Et ce n'est pas demain que nos moyens techniques nous permettront de les observer.

Cela n'empêche pas les théoriciens de poursuivre leurs recherches, comme en son temps Einstein était à des années-lumière devant les idées des astrophysiciens et des cosmologistes.

Le théoricien John Schwarz de Caltech présente que la véritable équation de l'univers, la "théorie de Tout", n'a peut-être pas de dimension fixe et que les 10 dimensions émergent seulement une fois que nous avons essayé de résoudre le problème. Paul Townsend de l'Université de Cambridge partage une vue similaire quand il dit : "Toute la notion de dimensionnalité est une approximation qui émerge uniquement dans un contexte semi-classique". Si leur idée se concrétise, la théorie M pourrait être la théorie idéale. Mais ne brûlons pas les étapes !

La notion de temps (II)



Pour Simon Saunders, philosophe de la physique à l'Université d'Oxford, le temps pourrait ne pas exister au niveau le plus fondamental de la réalité physique. En soi c'est déjà une révolution ! Dans ce cas, qu'est ce que le temps ? Et tant que nous y sommes, pourquoi est-il obstinément omniprésent dans notre expérience quotidienne ?&

Pour le professeur John Wheeler de l'Université de Princeton, "Le temps est la manière pour la nature d'éviter que toutes les choses se passent en même temps."

"La signification du temps est devenue une question terriblement problématique dans la physique contemporaine", explique Saunders. "La situation est tellement inconfortable qu'il est de loin préférable de se déclarer agnostique."

En fait, comme tous les chercheurs, Wheeler et Saunders ne disposent pas encore de l'outil théorique leur permettant de démontrer mathématiquement la nature du temps.

Mais si la majorité des chercheurs reconnaissent que la théorie quantique est valide mais incomplète (le paradoxe EPR, les inégalités de Bell ou les égalités de GHZ violent le réalisme local), la plupart d'entre eux n'accordent pas pour autant leur crédit aux concepts les plus abstraits comme la théorie des univers multiples, l'illusion du temps ou à l'idée que l'univers aurait plus de quatre dimensions. Ainsi que nous l'avons expliqué dans l'article consacré à l'interprétation de la physique quantique, dans un sondage informel réalisé à Cambridge en 1999, la majorité (52%) des physiciens concernés par l'informatique quantique ne partageaient aucune des interprétations actuelles (Copenhague, Bohm, Everett, etc) et restaient indécis en attendant qu'on invente une théorie plus complète. La théorie LQG ou la théorie M va-t-elle répondre à leurs attentes ? Il est trop tôt pour l'affirmer.

Le temps et l'espace sont relatifs

Le problème du temps s'est posé en 1905, lorsque Einstein a défini sa théorie de la Relativité restreinte et démolit l'idée que le temps était une constante universelle. Par conséquent, passé, présent et futur ne sont plus absolus. C'est valable uniquement ici, localement. Ainsi, si en apparence la Terre ne bouge pas, changer de référentiel dirait Einstein, et placez-vous sur le Soleil. Vous verrez à quelle vitesse file la Terre : 30 km/s ! Chacun voit sa réalité par rapport à son référentiel et les battements de sa montre. Ces notions deviennent relatives.

Insatisfait d'avoir restreint sa théorie à des cas particuliers, en 1915 Einstein proposa sa théorie la plus généralisée, incluant l'effet de la gravitation. Ce faisant, il a ouvert une brèche en physique à propos de l'influence omniprésente de la gravité à l'échelle de l'univers. Cette règle est incompatible avec la physique quantique de l'infiniment petit car à la théorie locale et déterministe d'Einstein s'oppose la théorie non locale et probabiliste de la mécanique quantique.

Si on peut encore comprendre que la position, la longueur ou la distance d'un objet soit malléable en Relativité - nous avons déjà fait l'expérience des effets de perspective - faire du temps une notion tout aussi malléable est plus déroutant. C'est pourtant aujourd'hui, l'une des questions au coeur des débats.

L'équation de l'Univers

Les éminents physiciens John Wheeler et Bryce DeWitt ont inventé en 1967 une équation qui unit la Relativité générale et la physique quantique, l'équation de Wheeler-DeWitt, également appelée la fonction d'onde de l'Univers ou plus simplement l'"équation de l'univers", excusez du peu.

Cette équation est controversée, non seulement parce qu'elle unit des concepts locaux (Relativité) et non locaux (physique quantique) mais surtout du fait qu'elle manipule la notion de temps. "On a découvert que le temps disparaît tout simplement dans l'équation de Wheeler-DeWitt", explique Carlo Rovelli, physicien théoricien de l'Université de Méditerranée à Marseille. "C'est une question qui a intrigué de nombreux théoriciens. Il se pourrait que la meilleure manière de réfléchir à la réalité quantique soit d'abandonner la notion de temps, de sorte que la description fondamentale de l'univers soit intemporelle."

Ainsi que nous le disions, personne à ce jour n'a réussi à intégrer la théorie quantique et la Relativité générale dans l'équation de Wheeler-DeWitt. Néanmoins, quelques physiciens, dont Rovelli, pensent que si les physiciens parviennent à unir les deux théories cadres de la physique du XXème siècle, ils aboutiront inévitablement à décrire un univers dans lequel, finalement, le temps ne joue aucun rôle. Les physiciens ont baptisé cette question, "le problème du temps". C'est peut-être la plus grande énigme de la physique, mais ce n'est pas la seule relative au temps.

La flèche du temps : haro sur les absolus

L'autre grande question est fondée sur l'observation et reste étrange : pourquoi la flèche du temps est orientée vers le futur ? Nous l'avons déjà évoquée en thermodynamique. Toutes les lois, celles de Newton, d'Einstein ou en physique quantique, qu'elles s'appliquent ici ou à des milliards d'années-lumière fonctionnent de la même façon, même si vous filmez le phénomène à l'envers. Un exemple : un homme marche. A l'envers, il marche à reculons. Cela nous pouvons le faire. Un exemple plus complexe : si localement l'univers construit des îlots ordonnés, des galaxies, des systèmes planétaires, des organismes vivants, tôt ou tard, cela finit par se désagréger et "tomber en ruine", comme la chaleur finit par se dissiper.

Comme le disent les physiciens, l'entropie de l'univers ne peut que croître.

Nous constatons que le temps est à sens unique, les aiguilles de notre montre ne remontent jamais le temps. Or, les lois ne l'interdisent pas et la théorie des trous de vers ou les "boucles temporelles" du physicien Amos Ori de l'Institut de Technologie d'Israël (Technion) nous offrent en théorie le moyen de voyager dans le temps. Richard Gott III, Brian Greene et Michio Kaku parmi d'autres célèbres physiciens supportent également cette thèse. Mais ces théories restent spéculatives.

Mais a posteriori quelque chose empêche le temps de faire demi-tour; on ne peut pas remonter dans le temps. Seth Lloyd, physicien spécialisé en informatique quantique au MIT, nous dit que "l'explication communément admise à propos de la flèche du temps est de dire que pour spécifier la manière dont se déroule un événement, nous n'avons pas seulement besoin de spécifier la loi qui s'y applique, nous devons également spécifier certaines conditions initiales ou finales."

Comme aurait pu le dire Newton ou Laplace, "donnez-moi les conditions initiales et je vous prédirai l'évolution du monde !" Donnez aux physiciens les conditions finales de l'Apocalypse, ils vous rebaptiront l'Univers mieux que le meilleur film de science-fiction !

Selon la majorité des physiciens, la mère de toutes les conditions initiales fut le Big Bang, ce phénomène d'une énergie inconcevable - mais quantifiable - qui donna naissance à l'Univers voici environ 13.8 milliards d'années.

Bien que les lois de la physique ne tiennent pas compte de la flèche du temps, l'expansion de l'Univers à laquelle nous assistons (les galaxies se fuient mutuellement et leur distance augmente), nous démontre qu'elle existe. A mesure que l'Univers grandit, il devient de plus en plus complexe et désordonné. Cette entropie croissante est dirigée par le taux d'expansion de l'Univers, lequel pourrait être à l'origine de la fuite incessante du temps en avant.

De ce point de vue, le temps n'est pas une donnée indépendante de l'Univers. Einstein nous a convaincu qu'il n'y a pas une horloge battant la seconde en dehors du cosmos, il n'est pas possible de définir une référence temporelle absolue, au grand dam de Newton et de ses émules.

Les Gardiens du Temps



Jusqu'à Einstein, pour les physiciens sinon pour nous tous, quand nous pensons au temps, nous le considérons comme Newton l'a décrit : "Absolu, un temps vrai et mathématique, valant en soi, et à partir de la propre nature duquel, il s'écoule également, sans considération pour aucune chose extérieure."

Ainsi que nous l'avons expliqué, Einstein a prouvé que le temps faisait intrinsèquement partie du continuum de l'univers. Contrairement à ce que Newton pensait, nos horloges ordinaires ne mesurent jamais des phénomènes indépendants de l'univers. En fait, les horloges ne mesurent pas le temps du tout.

Si vous visitez un jour l'Institut des Poids et Mesures de Paris, l'Observatoire de Belgique à Uccle ou l'Institut National des Standards et de Technologie (NIST), à Boulder, aux Etats-Unis, qui ont notamment pour tâche de définir l'heure avec une précision "atomique", ne leur dites jamais quelque chose du genre "votre horloge mesure le temps avec précision". Ils vous diront invariablement : "Nos horloges ne mesurent pas le temps"... Ils vous désorienteront tout à fait quand ils vous diront : "Non, le temps est défini par ce que mesurent les horloges". La différence est subtile, mais c'est la réalité. Les horloges atomiques définissent le temps standard pour le globe : le Temps est défini par le nombre de clics de leurs horloges. Si vous n'avez pas tout compris, relisez le paragraphe.

Rovelli, qui défend la thèse de l'univers quantique et intemporel, considère que les "Gardiens du Temps" ont raison. De plus, leur point de vue est compatible avec l'équation de Wheeler-DeWitt. "On ne voit jamais le temps", fait remarquer Rovelli. "Nous voyons seulement son effet dans nos montres. Si vous dites que cet objet bouge, vous voulez en fait dire que l'objet est à tel endroit quand l'aiguille de votre montre est ici, et ainsi de suite. Nous disons que nous mesurons le temps avec une montre, mais nous ne voyons jamais que les aiguilles d'une montre, pas le temps lui-même. Et les aiguilles d'une montre sont des variables physiques comme n'importe quelle autre. Aussi, dans un sens, nous trichons, car ce que nous voyons réellement ce sont des variables physiques, elles-mêmes fonction d'autres variables physiques, mais nous nous les représentons comme si tout évoluait dans le temps".

"En ce qui concerne l'équation de Wheeler-DeWitt, nous devons arrêter de jouer à ce jeu", nous dit Rovelli. "Au lieu d'introduire cette variable fictive qu'est le temps, qui n'est pas observable en soi, nous devrions simplement décrire les relations entre les variables. La question est : le Temps est-il une propriété fondamentale de la réalité ou juste l'apparence macroscopique des choses ? Je dirais qu'il s'agit uniquement d'un effet macroscopique. C'est quelque chose qui émerge uniquement pour les gros objets", c'est-à-dire tout ce qui existe au-dessus de l'échelle de Planck. Pour le dire simplement, le problème est que le temps pourrait ne pas exister au niveau le plus fondamental de la réalité physique. Pour formaliser cette idée, en 1988 Carlo Rovelli alors à l'Université de Padoue et Lee Smolin de l'Université d'Harvard proposèrent la théorie de la gravité quantique à boucles, la concurrente de la théorie des cordes et des théories de supersymétrie.

Actuellement, Rovelli travaille en collaboration avec Alain Connes, mathématicien du Collège de France. Ensemble et grâce à la gravité quantique à boucles alliée à la théorie des "réseaux de spins" ils tentent de démontrer comment le quantum de temps pourrait émerger de l'écume quantique. Voilà une idée qui mérite le prix Nobel si on peut la prouver !

Rovelli la décrit de manière imagée : "Le temps pourrait être un concept émergent à grandes échelles - un peu comme le concept de la 'surface de l'eau', qui n'a de sens qu'au niveau macroscopique mais qui perd son sens précis quand on l'examine au niveau atomique."

La réalité ultime intemporelle

Pour l'heure, il n'existe pas de théorie physique capable de décrire complètement ce à quoi ressemble l'univers en dessous de l'échelle de Planck. Bien qu'une possibilité existe que les physiciens parviennent à unifier la théorie quantique et la relativité générale, aucune théorie ne semble pouvoir explorer les phénomènes en-dessous de l'échelle de Planck.

Dans tous les cas, à l'avenir l'espace et le temps seront probablement décrits par une version modifiée de la physique quantique tenant compte de la gravitation. Dans une telle théorie, en plus de ne plus être absolus, l'espace et le temps ne sont plus continus. En lieu et place, ils se transforment en quantités discrètes, en quanta, à l'image de la lumière qui est constituée de quanta d'énergie, les photons. Ces quanta constitueraient les briques de l'espace et du temps.

Comprenez bien le sens de cette découverte. Bien que la taille de ces quanta élémentaires d'espace et de temps soit insignifiante (10-35 cm et 10-43 secondes) et ne change en rien notre réalité, du point de vue mathématique, cette progression discontinue de la métrique de l'univers à très petite échelle constitue une révolution intellectuelle. Elle signifie notamment qu'il existe un seuil quantifiable en dessous duquel il n'existe pas de quanta d'espace et de temps, comme il existe un niveau d'énergie précis au-dessus duquel les quatre interactions fondamentales sont unies.

Cette époque primordiale, où se développait une théorie unifiée est aujourd'hui à notre portée. Mais si la situation actuelle est éclairante, les chercheurs ignorent encore à quelle distance se trouve la fin du tunnel.

Comment se représenter de telles entités ? Il n'est pas facile d'imaginer un espace et un temps constitués d'autre chose que ce que nous ressentons. De plus, où résideraient les composantes de cet espace et de ce temps quantiques, si ce n'est pas dans l'espace et dans le temps ? Nous devons étudier la question sous un autre angle.

En physique quantique, depuis 1926 et les travaux de Schrödinger, toutes les particules de matière et d'énergie (fermions et bosons) sont décrites par des ondes. Ce n'est pas incompatible avec la notion de quanta qui représente une quantité d'énergie discrète, car comme un quantum d'action, les différentes valeurs d'énergie d'une onde stationnaire ne peuvent progresser que par quantité discrète, à l'image d'une corde de guitare que l'on pince et dont le son progresse par note entière ou demi-note.

Les ondes ont des propriétés particulières. Par exemple, un nombre infini d'ondes peut exister en un seul endroit car elles peuvent se superposer, s'additionner ou se soustraire. C'est ainsi que la lumière est capable de créer des figures d'interférences (expérience de Young). Si on démontre un jour que le temps et l'espace sont compatibles avec les quanta, alors tenez-vous bien, on pourrait empiler tous les quanta dans un point sans dimension. "L'espace et le temps ont en quelque sorte fusionnés dans cette image", dit Rovelli. "Il n'y a plus d'espace du tout. Ce sont juste des espèces de quanta superposés les uns au-dessus des autres sans qu'ils soient immergés dans un espace." Pas simple à comprendre....

Une révolution salutaire

Rovelli est conscient que son explication ne va qu'épaissir le brouillard qui stagne au-dessus de cette mystérieuse échelle de Planck. Confiant dans son intuition, il nous rappelle que l'essentiel des connaissances que nous possédons aujourd'hui, laissaient également les savants perplexes en leur temps. Pensez à Copernic et son idée "sauvage" de placer le Soleil au centre du monde, ou à l'idée "hérétique" de Galilée qui croyait que la Terre tournait sur elle-même et autour du Soleil. Le sens commun nous dit le contraire, et pourtant aujourd'hui, mis à part quelques sectes obscurantistes, tout le monde accepte ces deux théories pour vraies. Mais il faut encore convaincre les sceptiques "saint Thomas". Aussi, des expériences et surtout l'exploration spatiale nous ont apporté des preuves indiscutables.

Même au XXème siècle, le doute a plané dans l'esprit de nombreux scientifiques sur l'idée même de la "contraction des distances" et du "ralentissement du temps" évoqué par Einstein.

Une fois encore c'est l'astronomie et l'aéronautique qui rallièrent les sceptiques à la cause de la Relativité, et encore récemment, en 2007, avec les résultats de la mission Gravity Probe B qui sont venus renforcer la théorie d'Einstein.

En revanche, depuis plus d'un demi-siècle la situation est moins claire en physique quantique où les accélérateurs de particules peinent à nous décrire cette réalité ultime qui reste voilée en raison des contraintes même de la nature quantique et du faible niveau d'énergie atteint par les systèmes actuels. Ils nous offrent toutefois des traces d'interactions qui en disent long sur le profil des particules concernées.

A son tour, comme l'univers de Newton n'était pas celui de Copernic, l'univers quantique relativiste des théories de supercordes et autres théories membranaires n'est pas celui d'Einstein ni celui de Schrödinger. A chaque fois, le changement de paradigme fut radical, bouleversant l'image qu'on se faisait du monde. Cette remise en question créa à chaque fois une véritable révolution intellectuelle et un schisme entre l'ancienne et la nouvelle génération de chercheurs.

Qui a raison, qui a tort, cela ne se pose pas en ces termes. Les nouveaux concepts sont salutaires pour l'avenir de la Science car ils renforcent la confiance des chercheurs en leur capacité à comprendre des phénomènes que certains jugent un peu vite hors de portée de l'esprit humain. Si ces nouveaux concepts généralisent les anciennes théories et parviennent à prédire de nouveaux événements, que l'observation confirme leur existence ou simplement les faits actuels, et si par bonheur ils expliquent les paradoxes des anciennes théories, dans ce cas ils renverseront de facto l'ancien paradigme. Cette "théorie révolutionnaire" représentera dorénavant le "modèle Standard" qui sera enseigné à tous les étudiants.

Un modèle aussi complexe soit-il, représente-t-il pour autant la réalité ? Nous avons expliqué à propos de la philosophie des sciences, qu'un modèle mathématique est l'expression de la réalité. Einstein nous a démontré avec éloquence que les mathématiques ont ce gros avantage sur l'expérience, d'ajouter la preuve formelle des démarches scientifiques, démontrant et expliquant la nature des choses.

A travers l'exemple simple des coccinelles marchant sur un globe, Einstein nous a également expliqué qu'on pouvait visualiser mentalement n'importe quel concept, même l'infini. Bien sûr, on ne vous demandera jamais de visualiser un univers à 10 dimensions ou l'écume quantique, bien que les ordinateurs puissent le faire, mais nous n'en avons pas besoin car les calculs de probabilités nous suffisent pour l'appréhender.

Tout n'est qu'illusion

En mars 1955, alors que son ami Michele Besso venait de décéder, Einstein écrit une lettre d'encouragement à la famille Besso.

"Maintenant il a quitté cet étrange monde un peu avant moi. Cela ne signifie rien. Des gens comme nous, qui croyons en la physique, savons que la distinction entre passé, présent et futur n'est seulement qu'une illusion obstinément persistente."

Rovelli entrevoit aujourd'hui une nouvelle brèche temporelle. "L'article d'Einstein de 1905 est apparu et a soudainement changé la façon dont les gens imaginaient l'espace-temps. Nous sommes de nouveau au milieu de quelque chose comme ça", conclut-il.

Townsend compare notre état actuel de connaissance à la vieille époque quantique de l'atome de Bohr, juste avant la pleine élucidation de la physique quantique : "Nous avons certaines images fécondes et quelques règles mais il est aussi évident que nous n'avons pas une théorie complète".

Kaku est résolument optimiste : "Pour la première fois dit-il, nous pouvons voir le profil du lion et il est magnifique. Un jour, nous l'entendrons rugir".

Quand le brouillard sera retombé, le temps, quoiqu'il puisse être, pourrait apparaître encore plus étrange et plus illusoire que ce que même Einstein aurait pu imaginer.

<http://www.astrosurf.com/luxorion/temps-nexistepas.htm>

Pour plus d'informations

La gravité quantique à boucles (sur ce site)

Et si le temps n'existait pas, Carlo Rovelli, Dunod, 2012/2014

Physicists May Have Just Figured Out Why Time Really Moves Forward, Not Backwards, Physics-Astronomy, 2016

New form of atomic nuclei just confirmed and it suggests time travel is impossible, Futurism, 2016

Brian Greene: Time Travel is Possible (vidéo), Futurism, 2015

Michio Kaku (son site web).



LE TEMPS, TRAME TEMPORELLE DU TOUT LINÉAIRE SUPÉRIEUR

"Le Temps est un Tout Linéaire Supérieur qui ne peut en aucun cas être modifié. Les Lignes de Temps parallèles inférieures amenant à la construction de ce tout linéaire supérieur, ne demeurent que dans la mémoire de ceux qui ont amené cette modification dans la Trame Temporelle. Donc il peut y avoir interaction entre le future et le passé, car cela fait partie intégrante des séquences événementielles. Il nous est possible de nous mouvoir librement dans la Ligne du Temps sans perturber la causalité des évènements, car ils sont entièrement définis dans la Trame Temporelle du Tout Linéaire Supérieur."
J-C Laurin

LA THÉORIE UNIFIÉE

"La Théorie de la Relativité Restreinte ($E=MC^2$) tant à unifier le Temps en une trame unique. La Théorie des Quantas (la constante de Planck (h) $6,626\ 068 \cdot 10^{-34}$ Joule-seconde (J-s) tant à fragmenter le Temps et à le démultiplier de façon aléatoire en plusieurs ramifications temporelles. Ces deux lois ou constantes, interagissent en opposition. Mais la Théorie de la Relativité Restreinte est légèrement supérieure en Force d'Action que la Théorie des Quantas, et par ce fait amène un déterminisme de la Ligne du Temps, du Tout Linéaire Supérieur. Donc, d'une certaine façon le destin est prédéterminé dans la Trame Temporelle."
J-C Laurin

CONTINUUM ESPACE-TEMPS-ÉNERGIE

"La quatrième Dimension se rapporte au Temps, gérée par la Théorie de la Relativité Restreinte. Et la cinquième Dimension, elle, à l'énergie séquencé jusqu'à sa plus petite composante selon la Théorie des Quantas, $6,626\ 068 \cdot 10^{-34}$ Joule-seconde (J-s). Toutes les Dimensions sont intimement liées entre elles. Chaque feuille de Temps correspond aux Joule-seconde d'énergie de la constante de Plank, et l'ensemble, à la Théorie de la Relativité Restreinte, pour le tableau complet de la Trame Temporelle. Tout cela s'harmonise ensemble et correspond au Continuum Espace-Temps-Énergie."
J-C Laurin

"SEUL LE FANTASTIQUE A DES CHANCES D'ÊTRE VRAI"

Teilhard de Chardin

"LA PIRE ABERRATION DE L'ESPRIT HUMAIN EST DE VOIR LES CHOSES COMME ON SOUHAITE QU'ELLES SOIENT ET NON COMME ELLES SONT"

Bossuet

"IL EST GRAND TEMPS DE RALLUMER LES ÉTOILES"

Guillaume Apollinaire

"L'INSTANT PASSE MAIS LE SOUVENIR EST ÉTERNEL"

Anonyme

"CE QUE JE VOUS DEMANDE C'EST D'OUVRIRE VOTRE ESPRIT À LA VÉRITÉ NON PAS SIMPLEMENT D'Y CROIRE "

Jiddu Krishnamurti

"SI TU NE GUETTES PAS L'IMPRÉVU TU NE CONNAITRAS JAMAIS LA VÉRITÉ"

Héraclite

"LA VÉRITÉ EST LE POINT D'ÉQUILIBRE ENTRE TOUTES LES OPPOSITIONS."

"NOUS NE SOMMES PAS DES ÊTRES HUMAINS VIVANT UNE EXPÉRIENCE SPIRITUELLE. NOUS SOMMES DES ÊTRES SPIRITUELS VIVANT UNE EXPÉRIENCE HUMAINE".

Teilhard de Chardin

"LE TEMPS EST UN TOUT LINÉAIRE QUI NE PEUT EN AUCUN CAS ÊTRE MODIFIÉ, MAIS IL PEUT Y AVOIR INTERACTION ENTRE LE FUTUR ET LE PASSÉ. IL NOUS EST POSSIBLE DE NOUS Y MOUVRE LIBREMENT SANS PERTURBER LA CAUSALITÉ DES CHOSES"

J-C Laurin