

## LE TEMPS SELON NEWTON ET EINSTEIN

**André LAUSBERG**

Docteur en Sciences Physiques de l'ULg

### *Introduction*

Les livres de Mécanique classique adoptent la définition donnée par Newton d'un temps absolu, le même pour tous les observateurs. Ce temps, donné *a priori* indépendamment de toute action extérieure, a été utilisé avec succès durant plus de deux siècles. Et de fait ce paramètre convient parfaitement pour les travaux des scientifiques de toutes disciplines, du moins tant que les vitesses et les masses en présence sont peu importantes.

Les ouvrages de Relativité dus à Einstein donnent du temps une vision tout autre. Le temps est relatif, en ce sens qu'il est mesuré différemment par des observateurs en mouvement les uns par rapport aux autres, ou se situant dans des régions de l'univers où la concentration de masses est différente. De plus, ce n'est pas seulement la notion de temps qui est revue de manière fondamentale par les théories relativistes, mais aussi la notion d'espace, et l'espace-temps lui-même constitue alors un nouveau cadre géométrique à 4 dimensions, dont les propriétés sont déterminées par la matière !

Mais peut-on se contenter de résumer ce que nous disent les traités de Mécanique classique et de Relativité sur la notion de temps ? Ce serait négliger les multiples facettes du temps, celui vécu par chacun de nous et celui qui marque la vie sociale. Ce serait surtout oublier les célèbres controverses entre Newton et Leibniz, et plus tard entre Einstein et Bergson. Car en effet le temps est – aussi ou d'abord – un des problèmes fondamentaux auquel tout philosophe est confronté.

Voici dès lors, en préambule, une brève histoire des temps multiples.

Le temps est une notion commune. Chacune et chacun appréhende le temps d'une manière différente, en tant que femme ou homme, enfant ou vieillard, amant passionné ou patient chez le dentiste. On a le temps long, ou au contraire on ne voit pas le temps passer. C'est l'aspect psychologique du temps.

Le temps est une notion collective. A l'appel du muezzin qui invite du haut du minaret le fidèle aux cinq prières quotidiennes, fait écho la cloche de l'église qui sonne l'angélus, et plus tard le carillon laïque du beffroi qui rythme la vie des citadins. L'ouvrier ou l'employé est soumis à l'horloge pointeuse, et le particulier au radio-réveil, pour ensuite s'enfermer dans la grille horaire des programmes TV. C'est l'aspect sociologique du temps.

Le temps est le problème central de la philosophie. Depuis Aristote et jusqu'à Bergson, en passant par Saint Augustin, les plus grands penseurs ont disserté sur le temps, avec une profondeur de pensée remarquable. Mais tout cela pour s'entendre dire par Einstein... qu'il n'y a pas de temps des philosophes !

On considérera ici le temps comme un **paramètre utilisé pour décrire les mouvements et les transformations**, que ce soit par les astronomes, les physiciens, les biologistes, les géologues ou les paléontologues. Ce sont les phénomènes physiques, chimiques, biologiques, qui déterminent l'évolution d'un système, et c'est à travers eux que l'on peut mesurer, et aussi définir, un intervalle de temps, une période ou une transformation.

Selon la théorie de la Relativité, le temps ne peut être appréhendé sinon en relation avec l'espace et la matière. Ainsi en est-il du temps cosmologique : il balise l'évolution de notre univers tout entier, avec un début explosif et une expansion continuée générant les atomes, les molécules, les acides aminés et autres briques du vivant, pour aboutir à notre système solaire et à notre planète Terre abritant la vie intelligente, la nôtre, celle qui prend conscience du temps.

Plan de l'exposé :

- Le temps des penseurs
- La controverse entre Newton et Leibniz
- Le temps des dictionnaires
- Le temps des astronomes et des physiciens
- Critique de l'espace absolu et du temps absolu
- Le temps de la Relativité Restreinte
- La géométrisation de la physique et la Relativité Générale
- Les paradoxes du temps
- Conclusion : l'homme et le temps

## Le temps des penseurs

... ou la difficile recherche d'une définition du temps !

D'après *Philon d'Alexandrie* (vers -15, +50) :

"C'est le mouvement qui détermine la nature du temps"

Du point de vue pratique, cela correspond bien à l'approche des astronomes qui repèrent le temps au travers du mouvement apparent des astres. Mais cela n'épuise pas le sujet : quelle est la notion première : le mouvement ou celui qui l'observe ?

Auparavant *Aristote* (-384, -322) avait proposé une définition plus riche :

"Le temps est le nombre du mouvement, suivant l'avant et l'après"

D'une part, le nombre est supposé être attribué par un observateur; d'autre part apparaît également l'idée de passé-présent-futur.

*Saint Augustin* (354 - 430), dans le XIème Livre des Confessions, nous livre cette célèbre interrogation :

"Qu'est-ce que le temps ? Si personne ne me pose la question, je sais; si quelqu'un pose la question, et que je veuille l'expliquer, je ne sais plus"

Selon *André Comte-Sponville* ("Le temps et sa flèche" Ed. Frontière, 1995), personne mieux que Saint Augustin n'a dit l'essentiel sur le temps de la conscience, qui est d'abord la succession du passé, du présent et de l'avenir :

"Comment donc, ces deux temps, le passé et l'avenir, sont-ils, puisque le passé n'est plus et que l'avenir n'est pas encore ? (...) Si bien que ce qui nous autorise à affirmer que le temps est, c'est qu'il tend à n'être plus."

Traduit par un humoriste moderne, cela peut s'énoncer : "le présent, c'est de l'avenir qui devient du passé !". Mais on s'empressera d'ajouter, avec raison, que l'instant présent que nous sommes en train de vivre est riche de notre passé – nos souvenirs – et de nos projets...

*Blaise Pascal* (1623 - 1662) écrit dans son ouvrage intitulé "De l'esprit géométrique" :

"Il n'y a rien de plus faible que le discours de ceux qui veulent définir ces *mots primitifs*. Le temps est de cette sorte. Qui pourra le définir ? Et pourquoi l'entreprendre, puisque tous les hommes conçoivent ce qu'on veut dire en parlant du temps, sans qu'on le désigne davantage ?

Cependant, il y a bien de différentes opinions touchant l'essence du temps. Les uns disent que c'est le mouvement d'une chose créée, les autres la mesure du mouvement, etc..."

Autrement dit, Pascal renonce à définir le temps ! Signalons qu'entre autres pensées fortes, il a écrit "la science ne repose sur aucun fondement démontrable" ...

## La controverse entre Leibniz et Newton



Selon Isaac Newton, dans "Les principes mathématiques de philosophie naturelle" (1687) :  
«Le temps absolu, vrai et mathématique, sans relation à rien d'extérieur, coule uniformément, et s'appelle *durée*.

Le temps relatif, apparent et vulgaire, est cette mesure sensible et externe d'une partie de durée quelconque (égale ou inégale) prise du mouvement: telles sont les mesures d'*heures*, de *jours*, de *mois* etc... dont on se sert ordinairement à la place du temps vrai »

Newton distingue donc un *temps absolu*, universel et un *temps relatif* (lequel cependant n'a aucun rapport avec le temps relatif de la Relativité). Le temps absolu est complètement indépendant des phénomènes. On se le représente mathématiquement comme une droite venant de moins l'infini à plus l'infini.

Une correspondance nourrie fut échangée entre Newton (assisté de Clarke) et Leibniz. Il y est constamment question du "Dieu des philosophes". Les enjeux de ce débat, résolument moderne, seront repris par Einstein, Prigogine, et bien d'autres.

Selon Leibniz, d'un point de vue philosophique, la conception newtonienne d'un temps mathématique absolu pose de nombreux problèmes.

- Est-ce mettre le temps au même niveau que Dieu lui-même? Le temps est-il divin?
- Un temps sans commencement, sans référentiel, infini et inconnaissable est-il encore du temps?

Le point de vue de Newton : il y a une méprise initiale de la part de Leibniz. Le temps absolu n'est pas un temps divin, au sens où il appartiendrait à l'essence divine. Le temps, pas plus que l'espace, ni l'univers ne se confond avec le divin. L'espace et le temps constituent plutôt le cadre de l'action transcendante de Dieu sur le monde (on qualifiera l'espace absolu de "sensorium dei" !).

L'argument de Leibniz demeure : le temps absolu de Newton est l'équivalent d'un temps divin. Newton "matérialise" ou "physicise" Dieu.

Newton (via Clarke) répond en disant que la pensée des pures mécanistes conduit à faire de Dieu une « intelligence au-dessus du monde », coupée de ce monde.

Bref : d'un côté, confusion entre Dieu et le monde, de l'autre, séparation totale entre Dieu et le monde... Et tout cela à propos du temps !

## Le temps des dictionnaires

En consultant le "Vocabulaire de la philosophie" rédigé par *André Lalande* (PUF, 1991), on découvre une utile classification des divers sens du mot "temps", à savoir :

- la chronométrie (les périodes, les cycles)
- la chronologie (l'évolution, le passé-présent-futur)
- le temps abstrait....

... mais la définition de ce temps abstrait soulève de sérieux problèmes. Il est en effet présenté comme un "milieu infini" (souvent comparé à l'espace), "dans lequel" se déroulent les événements. On distingue alors deux types de points de vue, soit que ce "milieu" existe en lui-même (Newton, Clarke), soit qu'il soit un *a priori* de la conscience (Leibniz, Kant). Ceci nous ramène à la controverse entre Newton et Leibniz....

En feuilletant le *Petit Larousse* (Ed. 2001), on retrouve la définition du "milieu infini dans lequel se succèdent les événements". Mieux encore : on apprend que cette notion est "souvent ressentie comme une *force* agissant sur le monde et les êtres". Les rédacteurs de ce dictionnaire semblent vouloir ménager les auteurs de science-fiction ("La Force") ou... les astrologues !

Par comparaison, le *Petit Robert* parle d'une "entité (souvent personnifiée) représentative du changement continu de l'univers". Ici encore on retrouve un vocabulaire ésotérique, qui privilégie le vécu émotionnel et un sentiment subjectif, celui de subir la loi d'un univers implacable.

Conclusion provisoire : on reste perplexe devant ces diverses réflexions :

- Le temps existe-t-il par lui-même, ou bien est-il une pure construction mentale de l'homme ? Est-il une chose, une idée, un concept ?
- Ce temps est-il un contenant dans lequel tout se passe, un peu comme "l'espace absolu" conçu comme contenant toutes les choses matérielles ?
- Pire encore : le temps agit-il sur nous, comme un tyran, à l'instar des planètes des astrologues qui déterminent peu ou prou nos destinées ?

La sagesse populaire, au travers du langage coutumier, ainsi que les illuminations des poètes pourront peut-être nous éclairer davantage ou... nous égarer ?

*"Le même cours des planètes  
Règle nos jours et nos nuits.  
J'ai été ce que vous êtes,  
Vous serez ce que je suis !"*

(Le vieux Corneille à la jeune marquise)

*"Il est morne, il est taciturne,  
Il préside aux choses du temps.  
Il porte un joli nom, Saturne,  
Et c'est un dieu bien inquiétant..."*

(Georges Brassens)

## Le temps des astronomes et des physiciens

Pour l'astronome - comme pour le physicien - la question première n'est pas de "définir" le

temps, mais bien d'utiliser un **paramètre** susceptible de repérer les événements dans leur succession (chronologie), et de mesurer des durées avec la meilleure précision (chronométrie).

Ainsi en astronomie, le temps se mesure à travers un angle, en suivant la trajectoire du Soleil, pour définir le temps solaire, ou d'un point particulier appelé "point vernal", situé à la rencontre de l'équateur céleste et de l'écliptique, ceci pour définir le temps sidéral (l'angle horaire du point vernal).

Les durées du jour solaire, du jour sidéral et de l'année n'étant pas commensurables, la mise au point d'un calendrier fiable s'est révélée très ardue (voir l'exposé d'Emile Biémont). Le but poursuivi est de permettre aux hommes d'accorder les rythmes de leurs activités journalières et annuelles avec ceux dictés par les mouvements de la Terre, à savoir la rotation diurne (autour de son axe Nord-Sud) et sa révolution annuelle autour du Soleil.

Pendant des siècles, la notion pratique de temps a donc été dictée par les mouvements des astres. Peu à peu, la précision des horloges terrestres a connu de tels progrès que la bonne vieille "horloge Terre", avec ses fluctuations chaotiques (nutation, mouvements internes, fonte des glaces, ...) ou régulières (allongement du jour de 2 millièmes de secondes par siècle), ne convenait vraiment plus comme étalon pour la mesure précise du temps.

Depuis de nombreuses années, les physiciens mesurent le temps avec une précision de l'ordre de la nanoseconde, soit un milliardième de seconde, et dès 2005 il est prévu d'utiliser dans la Station Spatiale Internationale, alias ISS, une horloge atomique affichant une précision bien supérieure ! (Voir l'exposé de Thierry Bastin)

On comprend dès lors que, depuis 1967, la seconde de temps n'est plus définie par rapport à l'année tropique (définie à partir du point vernal), mais qu'elle a été choisie comme représentant ... "9.192.631.770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133" (sic).

Les astronomes n'ont pas à regretter cette apparente perte de prérogative. La Terre n'est plus considérée comme l'horloge fondamentale, mais justement cela permet d'étudier avec plus de précision les fluctuations de ses mouvements propres ...

## **Critique de l'espace absolu et du temps absolu**

Le physicien a appris à se méfier des *a priori* dogmatiques, concernant par exemple la notion d'"espace absolu", une notion vide de sens physique mais qui a joué dans la Mécanique de Newton un rôle central en tant que système de référence privilégié. De fait il n'est influencé par rien, mais il commande aux mouvements de se comporter de manière bien déterminée. Cet espace absolu a été rejeté catégoriquement par la physique moderne, pour être remplacé aujourd'hui, dans la cosmologie relativiste, par l'univers matériel.

De même, le "temps absolu", qui selon la pensée newtonienne "s'écoule indépendamment des phénomènes" a subi de nombreuses critiques, venant notamment du physicien et philosophe empiriste *Ernst Mach* (19ème siècle). Parlant du mouvement uniforme, il écrit :

"Un mouvement peut être uniforme par rapport à un autre, mais se demander si un mouvement est uniforme en soi n'a aucune signification"

(La Mécanique, Ed. Hermann, Paris 1925)

Du même :

"Parler d'un temps absolu, indépendamment de toute variation, est aussi dépourvu de sens. Ce temps absolu ne peut être mesuré par aucun mouvement; il n'a donc aucune valeur, ni pratique, ni scientifique... c'est une oiseuse entité métaphysique".

## Le temps de la relativité d'Einstein

Une critique plus approfondie apparaît au début du 20<sup>ème</sup> siècle suite aux travaux d'Albert Einstein, lequel a repris à son compte plusieurs idées de Mach. La démarche d'Einstein, inventeur de la Relativité Restreinte (1905), consiste à analyser en profondeur le rôle de l'observateur et le processus de mesure des intervalles d'espace et de temps. De nouveau, on part de la mesure et non pas d'une définition abstraite !

Suivant la conception newtonienne du temps absolu, il devait être possible de synchroniser toutes les horloges, quels que soient les mouvements de celles-ci, étant donné que l'on pouvait imaginer, idéalement, un signal se propageant instantanément d'une horloge à l'autre.

Or, se basant sur une nouvelle analyse des fondements de la mécanique et de l'électromagnétisme, Einstein postule que la vitesse de la lumière, très proche de 300.000 km/s, est une vitesse limite, et qu'elle doit être la même pour tous les observateurs d'inertie.

*Voici un aperçu du raisonnement d'Einstein, qui l'a mené à publier en 1905 l'article fondateur de la Relativité Restreinte, intitulé (en traduction française) "Sur l'électrodynamique des corps en mouvement". Pour passer d'un système de référence à un autre, en mouvement rectiligne uniforme par rapport au premier, la Mécanique classique utilise des transformations de coordonnées dites "transformations de Galilée", mais celles-ci ne peuvent s'appliquer au cas de charges électriques. En effet, si ces charges sont au repos dans le premier système, elles génèrent uniquement un champ électrique. Etant considérées comme mobiles par le second système, elles créeront en outre un champ magnétique. Afin de rétablir la symétrie entre les deux descriptions, il faut remplacer les transformations de Galilée par celles de Lorentz-Einstein. Celles-ci entraînent notamment l'invariance de la vitesse de la lumière !*

Cette vitesse est tellement élevée que, dans la pratique, la communication entre des observateurs en mouvement (et leurs horloges), peut se faire de manière quasi instantanée. Mais il n'en est plus de même dans des circonstances extrêmes :

- Dans un accélérateur de particules, où les vitesses sont proches de 300.000 km/s, les lois de la mécanique newtonienne doivent être remplacées par celles découvertes par Einstein, impliquant le caractère variable de la masse inerte, et l'équivalence entre la matière et l'énergie ;
- Quand les distances sont très grandes, comme dans le cas de la lumière reçue de galaxies très lointaines, on ne peut plus imaginer une communication instantanée entre la galaxie émettrice et nous ; regarder au loin dans l'espace signifie regarder loin en arrière dans le temps.

Einstein fait donc de l'invariance de la vitesse de la lumière, pour tous les observateurs en mouvement rectiligne uniforme (MRU) les uns par rapport aux autres, le **postulat** de la nouvelle théorie.

Ce postulat heurte le bon sens, puisqu'il entraîne que si deux observateurs ont une vitesse relative égale à  $v$ , et si l'un mesure la vitesse de la lumière comme étant égale à  $c$ , l'autre mesurera la même vitesse  $c$  (et non pas  $c+v$  ou  $c-v$  comme on le déduisait de la théorie de Newton... et du sens commun).

Dès que l'on a adopté le postulat d'Einstein, on déduit avec un minimum de mathématiques plusieurs conséquences surprenantes, dans le cas où deux observateurs A et B, en MRU l'un par rapport à l'autre, comparent leurs expériences :

- la longueur d'une règle tenue par A apparaît plus courte à B, et réciproquement (contraction des longueurs)
- les événements qui sont simultanés pour A ne le sont pas nécessairement pour B, et réciproquement (**simultanéité relative**)
- un intervalle de temps mesuré par A sur son horloge apparaîtra plus grand à B, et réciproquement (**dilatation du temps**)

L'expression "et réciproquement" est essentielle : aucun des deux observateurs n'est privilégié. Il n'y a plus de temps absolu, de temps unique.

Cet abandon du temps unique a heurté profondément un philosophe comme *Henri Bergson*, lequel prétendait défendre une thèse opposée, au nom de la rationalité, et en se basant sur son analyse de la perception du temps par la conscience. En 1922, lors d'une rencontre célèbre, mais qui n'eut pas de lendemain, Einstein déclara crûment "il n'y a pas de temps des philosophes !".

Par la suite, la notion de relativité du temps a fait ses preuves, au travers de multiples expériences en laboratoire ou en astronomie. Citons l'exemple du muon, créé dans la haute atmosphère terrestre par le rayonnement cosmique, et qui atteint le sol alors que d'après le calcul classique, il n'aurait pas le "temps matériel" de parcourir une telle distance !

Bergson, Merleau-Ponty et d'autres philosophes du courant phénoménologique ont eu beau essayer de défendre l'idée d'un temps philosophique distinct du temps physique, la tentative semble vaine. Voici l'avis de Daniel Parrochia, professeur à l'Université Paul Valéry de Montpellier (La Recherche, hors-série n°5, avril 2001) :

"... la théorie de la relativité ne détruisait pas la raison en soi. Elle détruisait seulement l'image traditionnelle que l'on se faisait de la raison (une raison immuable, avec des catégories, des formes et des principes fixés une fois pour toutes) à laquelle, apparemment, Merleau-Ponty comme Bergson, et comme beaucoup d'autres philosophes encore aujourd'hui, peut-être, restaient attachés."

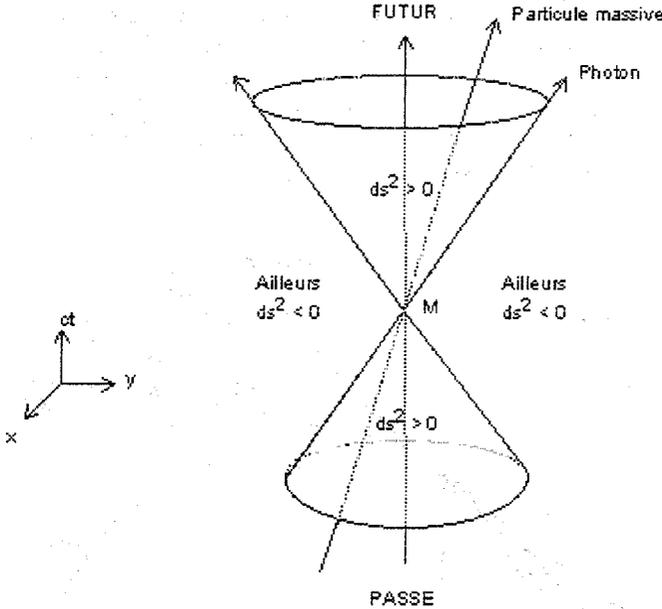
# La géométrisation de la physique et la Relativité Générale

Peu de temps après la Relativité Restreinte, le mathématicien allemand Hermann Minkowski propose une interprétation géométrique des transformations de Lorentz-Einstein, à l'aide d'une **métrique d'espace-temps** qualifiée de "pseudo-euclidienne" qui s'écrit :

$$ds^2 = c^2 dt^2 - (dx^2 + dy^2 + dz^2)$$

où  $c$  est la vitesse de la lumière,  $dt$  l'intervalle de temps entre deux événements voisins, et où les intervalles d'espace dans les trois directions sont écrits  $dx$ ,  $dy$  et  $dz$ .

L'intervalle d'espace-temps  $ds$  est alors invariant quand on passe d'un observateur d'inertie à l'autre, et cela se représente géométriquement via le "cône de lumière" représenté ci-dessous, avec deux dimensions spatiales au lieu de trois.



Remarquons que, contrairement à une fausse idée trop répandue, Einstein n'a pas inventé une quatrième dimension d'espace, qui serait le temps ! Dans la métrique de Minkowski, le temps joue un rôle essentiellement différent de celui des coordonnées spatiales. De plus, l'espace-temps est **orienté** la ligne du temps, verticale, part du passé et va vers le futur.

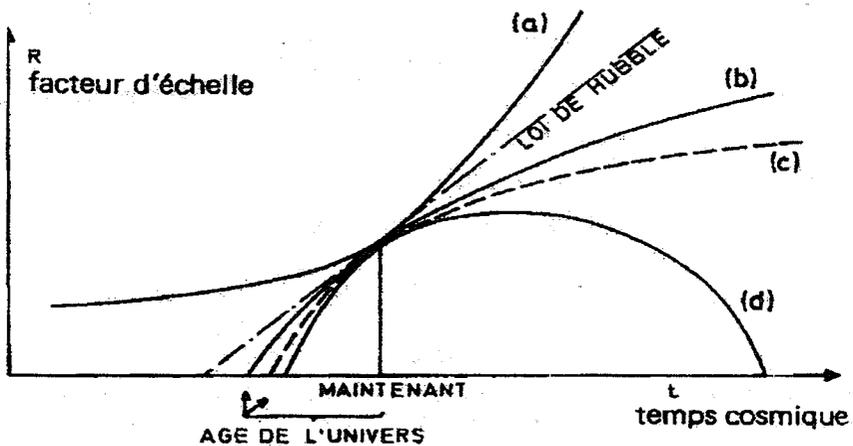
Le cône de lumière contient tous les événements du passé qui ont pu entrer en relation avec l'évènement central (ici et maintenant), et tous les événements du futur qui pourront être en relation avec lui. Un photon parcourt une directrice de ce cône, en diagonale, avec par exemple une équation du type  $x = ct$ , s'il se meut dans la direction  $x$ . La ligne de temps d'une particule massive est toujours à l'intérieur du cône, puisque cette particule se meut à une vitesse inférieure à la vitesse  $c$  de la lumière.

A partir de 1916, la nouvelle théorie d'Einstein, baptisée **Relativité Générale**, va approfondir les réflexions sur les notions d'espace et de temps, en y incluant le phénomène de la gravitation grâce à l'utilisation d'une géométrie courbe. On assiste aussi à la naissance d'une nouvelle approche de la cosmologie. La gravitation, comme toutes les autres interactions, ne pouvait se propager plus vite que la lumière ; c'en était fini de la cosmologie newtonienne.

**L'espace, le temps et la matière** sont dorénavant imbriqués au sein d'une théorie plus vaste. Notamment les horloges peuvent apparaître plus lentes si elles se trouvent dans un champ gravifique intense (application au GPS). A la limite, leur période, mesurée par un observateur lointain, peut devenir infinie si l'horloge plonge dans un Trou Noir ! Ce genre de comportement n'effraie plus les astrophysiciens d'aujourd'hui, et la nouvelle théorie se révèle efficace dans l'interprétation des observations récentes.

En cosmologie, le débat est loin d'être clos : notre univers est-il spatialement fini ou au contraire infini ? Son évolution temporelle implique-t-elle nécessairement un début et une fin ?

Le schéma ci-dessous présente quelques modèles possibles : l'univers est actuellement en expansion, mais la variation du taux d'expansion, dans le passé et dans le futur, dépend de plusieurs facteurs encore mal connus, comme la densité moyenne de matière (celle-ci provoquant un ralentissement de la vitesse d'expansion), et l'existence possible d'une répulsion cosmique (énergie sombre ?) créant au contraire une accélération. Il est très difficile d'estimer la quantité de matière sombre, et l'on connaît à peine 10% de toute la matière dont on soupçonne l'existence...



Il est généralement admis que l'univers a connu un **début** très chaud, un instant zéro correspondant au Big Bang, ce qui exclut le modèle (a).

Le modèle le plus en vogue aujourd'hui correspond au modèle (b), avec un début dans le temps mais une durée infinie dans le futur. Les équations d'Einstein prédisent pour ce modèle un espace infini (univers ouvert).

Le modèle (c) est analogue au modèle (b), sauf qu'il y a un équilibre entre les forces d'attraction et de répulsion.

Le modèle (d) pour lequel l'expansion s'arrêtera pour se transformer en contraction n'a plus guère la faveur des cosmologistes, même s'il a l'avantage de correspondre à un modèle fermé dans l'espace, donc de volume fini et de masse finie. Du point de vue temporel, ce modèle présente un début et une fin pour l'histoire de l'univers.

## Les paradoxes du temps

En proposant sa nouvelle théorie à propos de l'espace et du temps, Einstein a touché à des notions fondamentales qui préoccupent bien sûr les scientifiques, mais aussi les philosophes et tout homme qui s'interroge sur la vie, son origine et son devenir.

Les auteurs de science-fiction, et certains livres de vulgarisation, ne manquent pas de fabuler sur les perspectives ouvertes par ces nouvelles idées sur le temps. Ainsi le paradoxe dit "des jumeaux de Langevin" laisserait à penser qu'un voyage "dans le temps" serait possible. Qu'en est-il exactement ? Un des jumeaux effectue un voyage à grande vitesse, en étant accéléré à certains moments, de sorte qu'il revienne quelques années après son départ pour retrouver son frère, demeuré sur Terre, lequel sera désormais plus âgé que lui ! En quelque sorte, les voyages entretiennent la jeunesse...

Il existe en effet un phénomène de cet ordre, qui a été dûment vérifié par une expérience menée dans les années 1990 en plaçant une horloge au césium au sol, ainsi que dans deux avions qui ont effectué un tour de la Terre, l'un en partant vers l'Est et l'autre vers l'Ouest. Au retour, les trois horloges indiquaient une petite différence de temps, de l'ordre de quelques centaines de nanosecondes. C'est que ces trois horloges avaient chacune une accélération différente par rapport au système d'inertie. Il faut se rappeler que l'effet de dilatation du temps, s'il est réciproque dans le cas de deux observateurs en mouvement uniforme l'un par rapport à l'autre (donc en Relativité Restreinte), n'est plus du tout symétrique quand l'un des observateurs, muni de son horloge, est au contraire accéléré. La théorie et l'expérience sont ici en parfait accord, et le "paradoxe" disparaît.

Mais il ne faut pas en déduire que quiconque pourra d'une manière ou de l'autre retourner dans son propre passé. Tant pis pour le mythe de Faust !

Parmi les scientifiques, l'idée de géométrisation de la physique, avec l'incorporation du paramètre temps dans un espace mathématique à 4 dimensions, a ouvert une sorte de "boîte de Pandore", permettant aux plus imaginatifs de concevoir des univers comportant un nombre plus grand de dimensions. Par ailleurs, le fait qu'au voisinage d'un trou noir les lignes d'espace et les lignes de temps peuvent être interverties amène à des hypothèses hardies, concernant par exemple la communication éventuelle, au travers du trou noir, vers un autre univers.

Il y a là des pistes que l'on espère fructueuses, en vue d'unifier – enfin – les deux grandes théories de la physique du 20<sup>ème</sup> siècle, la Relativité Générale et la Mécanique quantique. Dans la première, il est question d'un temps variable, et dans la seconde d'un "temps de Planck" qui est la plus petite durée possible, à savoir qu'aucune mesure de temps ne peut aboutir à un résultat inférieur à

Ce n'est pas le moindre paradoxe que cette durée infime, selon les théoriciens du Big Bang, aurait pu donner naissance à tout l'univers !

A propos du Big Bang, il n'est pas rare d'entendre poser la question redoutable : "et qu'y avait-il avant?". On peut certes considérer que l'hypothèse d'un instant initial de l'univers implique la naissance à la fois de l'espace et du temps, et que dès lors rien ne peut précéder cet événement. Un physicien ajoutera que pour mesurer le temps, il faut pouvoir disposer d'horloges, qu'elles soient périodiques ou basées sur la décroissance d'un noyau. Rien de tel n'existerait avant...

## Conclusion : l'homme et le temps

Les différentes perceptions du temps se situent toujours dans une relation entre l'Homme et la Nature, au travers de **cycles** ou d'une **évolution**.

L'homme vit aux rythmes du jour terrestre, des lunaisons et des saisons, mais aussi de ses propres cycles internes, plus ou moins en phase avec le monde extérieur. Les repères célestes sont le plus souvent remplacés aujourd'hui par les horloges terrestres, la radio, la TV et les satellites.

Nous sommes issus d'une longue évolution, au cours de laquelle l'univers s'est transformé à partir des atomes les plus simples (~14 milliards d'années), vers des molécules, des bactéries (3,8 milliards d'années), des êtres cellulaires de plus en plus complexes, jusqu'aux diverses formes du vivant.

Au cours de sa vie, entre naissance et mort, l'homme reproduit les cycles de l'année (le printemps et l'automne de la vie ...), l'évolution de l'espèce humaine ("L'ontogénèse reproduit la phylogénèse"), et d'une manière plus symbolique encore la naissance, la vie et la mort d'une étoile, et même peut-être le destin de l'univers. Nous participons à l'évolution cosmique.

Cette évolution a un sens bien déterminé, suivant ce que l'on appelle "la flèche du temps". On retrouve l'ancien débat qui a préoccupé Aristote, Saint Augustin, et après eux tous les philosophes, à propos de l'enchaînement passé-présent-avenir. Depuis longtemps, les physiciens ont étudié les phénomènes irréversibles, en tenant compte du fameux "second principe de thermodynamique" lequel correspond à l'installation d'un désordre global croissant. Mais, pour les systèmes ouverts (recevant de l'énergie de l'extérieur) et loin de l'équilibre, il est possible de prévoir une croissance de la complexité, ce qui manifestement est le cas dans notre univers.

Des penseurs chrétiens ont pu dire que c'est Dieu "qui est l'esprit organisateur par qui le chaos s'ordonne" (Daniel-Rops). Aujourd'hui, grâce aux travaux des scientifiques, on voit mieux "comment" le chaos s'organise, en évoluant dans les meilleurs des cas vers plus de complexité, et vers plus de valeur ajoutée à la vie. La question du "pourquoi" continue de préoccuper les philosophes, comme c'était le cas du temps de Newton et de Leibniz.

On pourrait dès lors conclure en disant "Laissons faire le Temps" ; ce serait oublier que l'homme a une grande part de responsabilité dans le devenir de sa planète et de son développement durable !

## ***Références***

*Isaac Newton*, dans "Les principes mathématiques de philosophie naturelle" (1687)

*André Comte-Sponville* : "Le temps et sa flèche" (Ed. Frontière, 1995)

*André Lalande* : "Vocabulaire de la philosophie" (PUF, 1991),

*Petit Larousse* (Ed. 2001)

*Petit Robert* (Ed.1973)

*Daniel Parrochia* : (La Recherche, hors-série n°5, avril 2001)

Le présent texte fait écho à l'ouvrage publié en 1984 par la *Maison de la Science*, dont le titre est "Le temps, des milliards d'années au milliardième de seconde", et qui contient de nombreuses contributions de scientifiques de disciplines variées, ainsi que de philosophes.

*E-mail address* : **A.Lausberg@skynet.be**