

Les jalons du temps

Les échelles de temps accessibles à la science actuelle s'étendent sur plus de 40 ordres de grandeur, du monde subatomique à celui de la cosmologie. Un défi à notre imagination.

Temps de Planck : 10^{-43} s

C'est l'échelle de temps obtenue en combinant les trois constantes fondamentales de la physique (la vitesse de la lumière, la constante de gravitation et la constante de Planck). Seule une théorie unifiant la relativité générale à la physique quantique permettrait de comprendre ce qui se passe à cette échelle, ainsi qu'à l'échelle de longueur correspondante (la longueur de Planck, 10^{-35} mètre).



1 femtoseconde (fs) : 10^{-15} s

Les changements de conformation des molécules en interaction avec d'autres ou sous l'effet d'une excitation durent 100 à 200 femtosecondes. Par exemple, dans la rétine (ici de *Drosophila*), le rétinol contenu dans le pigment des photorécepteurs change de conformation sous l'effet de la lumière en moins de 200 femtosecondes, déclenchant une suite de réactions biochimiques qui crée un message nerveux.



1 attoseconde (as) : 10^{-18} s

En une attoseconde, la lumière parcourt 0,3 milliardième de millimètre, soit la taille d'une petite molécule. En 2008, des chercheurs allemands et américains ont produit dans le domaine des rayons X des impulsions laser d'environ 80 attosecondes, soit les plus brèves à ce jour (ci-contre). De telles impulsions permettent d'observer ou de contrôler le mouvement des électrons dans les atomes et les molécules.

1 seconde (s)

Équivalent de 1/86 400 du jour solaire moyen. En une seconde, la lumière parcourt 299 792 458 mètres. Par définition, la seconde est « la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133, au repos, à une température de 0 kelvin ». Les horloges atomiques au césium ne dévient que d'une seconde au bout de 100 millions d'années. Un homme de 64 ans a vécu environ deux milliards de secondes. La rotation de la Terre ralentit progressivement de cinq secondes tous les 1 000 ans.

1 yoctoseconde (ys) : 10^{-24} s

C'est le temps qu'il faut à la lumière pour traverser le noyau d'un atome. La durée de vie moyenne des bosons W ou Z est de 0,3 yoctoseconde. Des collisions d'ions lourds produisent durant quelques yoctosecondes un plasma de quarks et de gluons (ci-dessous) ainsi que des photons très énergétiques.



1 microseconde (μ s) : 10^{-6} s

Dans ce laps de temps, un message nerveux parcourt trois micromètres. La variation électrique, ou potentiel d'action, qui en est à l'origine se produit en 1 000 microsecondes environ (une milliseconde). En 100 microsecondes, le son parcourt 3,4 centimètres, la lumière un peu moins de 30 kilomètres.

1 nanoseconde (ns) : 10^{-9} s

En une nanoseconde, la lumière parcourt près de 30 centimètres. Dans un ordinateur doté d'une mémoire vive dynamique (DRAM), le temps d'accès à un bit d'information (un 0 ou 1) est de 60 à 70 nanosecondes. La fusion nucléaire dans une bombe à hydrogène dure 20 à 40 nanosecondes.



10^{-43} s

10^{-24} s

10^{-18} s

10^{-15} s

10^{-9} s

10^{-6} s

1 s

1 h

10^9 a



1 milliard d'années

C'est ce qu'il a fallu à la vie pour apparaître sur Terre après la formation de la planète, 3,5 milliards d'années plus tôt. Dans un milliard d'années, le Soleil sera devenu trop chaud pour que la vie sur Terre soit encore possible. Quatre milliards d'années de plus, et notre étoile deviendra une géante rouge, éjectant de la matière comme c'est le cas dans la Nébuleuse de l'œil de chat (*ci-contre*), puis finira en naine blanche.

1 000 milliards d'années

Durée de vie possible des naines rouges, étoiles peu massives, les plus nombreuses de l'Univers. D'ici 10^{12} ans, tous les éléments créés lors du Big Bang auront disparu ou seront noyés dans ceux produits par les étoiles.

1 million d'années : $31,6 \times 10^{12}$ s

C'est l'unité de l'échelle des temps géologiques. La période du Quaternaire a ainsi débuté il y a 2,588 millions d'années et l'ère du Cénozoïque il y a 65,5 millions d'années. Les premiers hominidés sont apparus il y a 7 millions d'années ; c'est un peu moins de trois fois le temps mis par la lumière pour nous parvenir depuis la galaxie d'Andromède.

10^{14} a

10^{12} a

10^9 a

10^6 a

10^3 a

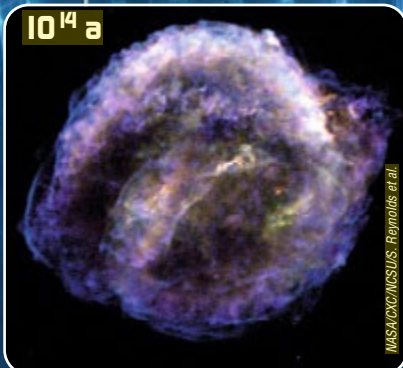
1 a

1 j

100 000 milliards d'années

Ce futur lointain verra la mort des dernières étoiles de l'Univers, parfois sous forme de supernovae (*ci-contre*, à droite, la supernova de Kepler). De nombreux noyaux atomiques mettent plus de temps à disparaître ; la demi-vie du tellure 128 est ainsi de $2,2 \times 10^{24}$ années. Et les derniers protons finiront de se désintégrer dans 10^{200} ans !

10^{14} a



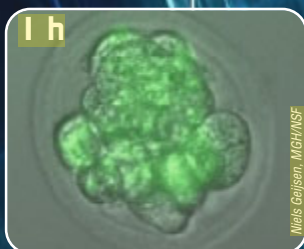
1 année : 31 556 926 s

L'année sidérale est le temps de révolution complète de la Terre autour du Soleil, c'est-à-dire ce que met le Soleil pour retrouver la même position sur la sphère céleste ; soit 365 jours 6 heures 9 minutes et 9,8 secondes (365,25636 jours). L'année solaire ou tropique, durée séparant deux équinoxes, représente 365 jours 5 heures 48 minutes 45 secondes en moyenne (365,24219 jours). Notre calendrier grégorien prend un jour de retard sur l'année tropique tous les 3 300 ans.

100 000 ans : $3 160 \times 10^9$ s

C'est le temps que met la lumière pour traverser notre galaxie, ou encore la galaxie de la Vierge (*ci-dessous*), distante de la nôtre de 56 millions d'années-lumière. C'est aussi approximativement le temps écoulé depuis l'expansion de l'homme moderne hors d'Afrique.

1 h



1 heure : 3 600 s

En une heure, la lumière parcourt 1,08 milliard de kilomètres. Depuis Pluton, elle nous parvient en 5 heures et 20 minutes. Une cellule vivante se divise en une à quelques heures, selon l'organisme. Un embryon de mammifère (*ci-dessus*) met quelques dizaines d'heures pour avoir huit cellules.

1 jour : 86 400 s

Durée de la rotation complète de la Terre sur elle-même. Le jour sidéral, mesuré en référence à un point de la sphère céleste, dure 23 heures 56 minutes et 4,09 secondes. Le jour solaire, intervalle de temps séparant deux passages du Soleil au méridien, vaut en moyenne 24 heures, soit 86 400 secondes. L'activité de tous les organismes vivants varie selon un cycle d'environ 24 heures, nommé rythme circadien.

10^5 a



L'instant présent unique, mais banal

Étienne Klein

L'instant présent, l'instant passé et l'instant futur sont indissociables dans la perception que nous avons du temps. La conscience rend le temps continu. Pourtant, l'instant présent, celui qui existe maintenant, est singulier. Peut-on définir le temps indépendamment de notre subjectivité ?

J'ai cessé de croire aux « grands événements » qui s'accompagnent de hurlements et de fumée.

Et crois-moi, je te prie, cher vacarme d'enfer, les plus grands événements, ce ne sont pas nos heures les plus bruyantes, mais les heures du plus grand silence.

Nietzsche, Ainsi parlait Zarathoustra

La métaphore du fleuve a accompagné presque toute l'histoire de la pensée du temps – du moins en Occident – et continue d'irriguer notre façon de l'évoquer et de le représenter : verbalement, le temps demeure solidement arrimé à l'image d'un fluide qui s'écoule ; graphiquement, il est figuré par une ligne droite, sorte d'abstraction du fleuve, dont le sens d'écoulement est indiqué par une petite flèche.

Mais en réalité, il se pourrait que cette figuration soit en partie trompeuse, car elle nous conduit à attribuer au temps les propriétés de la ligne par laquelle on

le représente. En d'autres termes, le fait de décrire le temps par une ligne lui confère *ipso facto* des « problèmes de ligne ». Kant l'avait déjà relevé : « Nous représentons la suite du temps par une ligne qui se prolonge à l'infini et dont les diverses parties constituent une série qui n'a qu'une dimension, et nous concluons des propriétés de cette ligne à toutes les propriétés du temps, avec cette seule exception que les parties de la première sont simultanées, tandis que celles du second sont toujours successives. »

En effet, cette représentation aiguise et concentre certains problèmes d'ordre philosophique. Par exemple, elle n'explique pas comment la ligne du temps se construit : est-ce l'instant présent qui la parcourt progressivement ou n'advient-elle que point par point, un instant présent après l'autre ? Et à quoi tient ce que nous nommons l'écoulement du temps ? Quel est son moteur ? Est-ce le temps même ? L'Univers ? Nous-mêmes ?

1. LE TEMPS S'ÉCOULE. Cette métaphore associant le temps et un fluide a conduit à représenter le temps sous forme d'une ligne orientée. Or, contrairement au temps, une ligne est continue. Cette image est trompeuse.