

L'année 2015 sera plus longue d'une seconde



Fig. 1 – Le temps se casserait-il la figure? Pourquoi l'année 2015 va-t-elle durer une seconde de plus que 2014?

« 24 heures dans une journée, 86 400 secondes... » chante Axelle Red dans sa chanson "Temps pour nous"¹. Pourtant, la journée du 30 juin 2015 en comportera **86 401**, soit une seconde supplémentaire! Le passage du 30 juin au 1 juillet 2015 suivra donc la séquence temporelle suivante : 23 h 59 m 59 s, 23 h 59 m **60 s**, 0 h 0 m 0 s.

Il s'agit d'une décision prise par le Service International de la Rotation Terrestre et des Systèmes de Référence (IERS) de l'Observatoire de Paris. Ce n'est d'ailleurs pas la première fois qu'une seconde, dite seconde intercalaire, est ajoutée : cela s'est produit 25 fois depuis 1972, la précédente ayant eu lieu le 30 juin 2012.

L'ajout d'une seconde intercalaire a pour objectif de conserver le temps légal en synchronisation

avec le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même. Ainsi, le Soleil se trouve, en moyenne sur une année, à son zénith au méridien de Greenwich (Londres) à midi. Mais au fait, comment est définie notre échelle de temps ? Pour comprendre cela, il est intéressant de faire un bref retour en arrière dans l'histoire de la mesure du temps afin de mieux appréhender le concept de seconde, savoir comment elle est définie et comment on obtient le temps légal.

Petite histoire de la mesure du temps

Depuis les débuts de l'humanité, l'homme a toujours cherché à se repérer chronologiquement dans la journée et ainsi pouvoir mesurer le temps qui passe. Les premiers repères temporels dont se sont servis les hommes étaient bien évidemment le lever et le coucher du Soleil. Quoi de plus normal donc que le mouvement apparent de notre astre solaire soit utilisé par les premiers instruments de

1. Axelle Red, *Temps pour nous*, Album : Jardin Secret, CD EMI 005310111, 2006.

mesure du temps ! A partir du déplacement de l'ombre créée par un simple bâton planté dans le sol, ce que l'on appelle un gnomon, l'homme pouvait se faire une idée de l'écoulement du temps. Ce procédé a été amélioré par l'ajout de repères, constituant alors un cadran solaire. L'écoulement d'eau (dans les clepsydras, voir Fig. 2) ou de sable (dans les sabliers) a également été utilisé. Le principe est simple : on utilise l'écoulement régulier de l'eau ou du sable afin de mesurer un intervalle de temps, la quantité de départ déterminant la durée totale qu'il est possible de mesurer. Les Grecs se servaient par exemple de clepsydras au cours de débats politiques, afin que chacun ait un temps de parole identique.



Fig. 2 – Reconstitution d'une clepsydre athénienne du V^{ème} siècle avant J-C (© Athènes - Musée de l'Agora).

Toutefois, ces instruments n'étaient pas précis et rendaient difficilement possible des mesures de longue durée. C'est pourquoi l'homme s'est mis en quête de phénomènes périodiques qu'il pouvait facilement contrôler de lui-même, comme par exemple l'oscillation d'un pendule : connaissant le temps nécessaire pour une oscillation, il suffit alors de compter le nombre d'oscillations pour en déduire l'intervalle de temps à mesurer. L'utilisation du pendule a été perfectionnée dans

les horloges mécaniques à balancier développées au 17^{ème} siècle. Le pendule développé par Huygens en 1671 présentait par exemple une incertitude d'environ 10 secondes par jour. La révolution technologique des horloges s'est produite dans les années 1930 avec le développement des horloges à quartz dont le principe de fonctionnement repose sur une oscillation électrique. Ces horloges à quartz équipent toujours la majorité des montres aujourd'hui. Leur erreur journalière s'élève à 1/10000^{ème} de seconde par jour. La seconde révolution est quant à elle atomique. Les années 1960 ont en effet vu l'avènement des horloges atomiques (voir un exemple Fig. 3), qui sont actuellement les plus précises. Pas d'inquiétude à avoir : ces horloges ne sont pas des bombes ni des objets radioactifs. En fait, on les qualifie d'"atomiques" tout simplement parce qu'elles utilisent un phénomène périodique qui est lié à un atome. Les atomes ont la propriété d'émettre ou d'absorber des ondes électromagnétiques à des fréquences qui leur sont propres. Lorsque cela se produit, l'atome change d'état. Dans le langage scientifique, on dit qu'il subit une transition atomique. C'est ce phénomène qui est exploité par les horloges atomiques, le processus périodique étant l'oscillation de l'onde électromagnétique absorbée ou émise par les atomes. Les meilleures horloges atomiques parviennent à des stabilités d'environ 10^{-15} seconde par seconde. Cela signifie qu'il faudrait attendre 10^{15} s, soit plus de 30 millions d'années, pour que l'horloge dérive d'une seconde !



Fig. 3 – Horloge à césium commerciale (© Microsemi).

Etant donné les performances supérieures des horloges atomiques, une redéfinition de la seconde s'imposait. En effet, la définition de la seconde re-

posait historiquement sur le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même. La seconde était alors définie comme la durée du jour solaire moyen divisée par 86 400. Le jour solaire moyen est obtenu en faisant la moyenne sur une année du jour solaire, c'est-à-dire du temps qui s'écoule entre deux passages successifs du Soleil à un même méridien. Or, les astronomes avaient remarqué que ce mouvement de rotation est fluctuant, ce qui implique une imprécision sur la seconde. Avec la précision extraordinaire des horloges atomiques, il était évident pour les scientifiques de l'époque qu'il fallait réformer tout ça. Ils n'ont d'ailleurs pas tardé à prendre la décision de définir la seconde à partir des horloges atomiques les plus précises, à savoir celles exploitant l'atome de césium. Ainsi, en 1967, il a été décidé que la seconde serait définie comme le temps nécessaire pour qu'une onde électromagnétique émise par un atome de césium se trouvant dans un certain état d'énergie oscille 9 192 631 770 fois.

Temps atomique ? Ou temps astronomique ?

Le développement des horloges atomiques dans les années 1960 a conduit à la mise en place du **Temps Universel Coordonné (UTC)**, signal temporel envoyé depuis Sèvres, dans la banlieue sud-ouest de Paris. L'UTC est un temps dit *atomique* car il est obtenu à partir de plus de 400 horloges atomiques réparties dans une septantaine de laboratoires dans le monde. Cette échelle de temps possède le grand avantage d'être stable et précise, raison pour laquelle elle définit le temps légal dans le monde depuis 1972. Problème : ce temps régulier ne correspond pas au temps *astronomique*, qui repose sur le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même, mouvement qui est fluctuant, comme nous l'avons mentionné plus haut. Ces fluctuations proviennent de divers phénomènes. Tout d'abord, il y a des processus périodiques, qui sont donc tout-à-fait prévisibles. A titre d'illustration, quand c'est l'été dans l'hémisphère Nord, la Terre tourne plus rapidement sur elle-même qu'en hiver. Ainsi, un jour de février durera 1 à 2 millièmes de seconde de plus qu'un jour d'août. De plus, d'autres causes entraînent des fluctuations aléatoires. Dans cette seconde ca-

tégorie de fluctuations, on retrouve par exemple les tremblements de terre. Personne n'a oublié le tremblement de terre du 26 décembre 2004 qui a provoqué le tsunami ravageant les côtes de la Thaïlande et de l'Indonésie notamment. Des géophysiciens ont estimé qu'il avait raccourci la durée du jour d'environ 3 millièmes de seconde.

En plus des fluctuations de sa vitesse de rotation, la Terre présente un ralentissement global plus ou moins régulier. Cette décélération est telle que le jour est rallongé d'environ 1.7 millièmes de seconde tous les cent ans.

Ces deux échelles de temps, temps atomique et temps astronomique, ne reposant pas sur le même phénomène physique, elles vont au fil des années s'éloigner l'une de l'autre. Et c'est ici qu'intervient la fameuse seconde intercalaire. Afin de garder une échelle de temps légale en phase avec le temps astronomique, les scientifiques ont décidé que le temps atomique UTC ne devait jamais s'éloigner de plus de 0.9s du temps astronomique, basé sur la rotation terrestre. C'est la raison pour laquelle on ajoute ponctuellement une seconde intercalaire au temps atomique UTC, ce qui se fait traditionnellement en milieu ou en fin d'année. C'est ce qui se produira le 30 juin 2015, la décision de cet ajout ayant été communiquée le 5 janvier 2015 par l'IERS. De cette façon, le temps UTC restera synchronisé avec la rotation terrestre.

30 juin 1972	30 juin 1981	30 juin 1994
31 déc. 1972	30 juin 1982	31 déc. 1995
31 déc. 1973	30 juin 1983	30 juin 1997
31 déc. 1974	30 juin 1985	31 déc. 1998
31 déc. 1975	31 déc. 1987	31 déc. 2005
31 déc. 1976	31 déc. 1989	31 déc. 2008
31 déc. 1977	31 déc. 1990	30 juin 2012
31 déc. 1978	30 juin 1992	30 juin 2015
31 déc. 1979	30 juin 1993	

Tab. 1 – Les secondes intercalaires introduites depuis la mise en place de l'UTC : beaucoup de secondes intercalaires ne sont espacées que d'un an mais il y a également des longues périodes sans aucun ajout.

Le tableau 1 montre les dates d'ajout des se-

condes intercalaires depuis 1972. On constate que les ajouts, tous positifs, se succèdent souvent à un an d'écart. Cela montre que la contribution aléatoire est moins importante que celle due au ralentissement de la rotation terrestre. Les scientifiques estiment que le jour terrestre durait exactement 86 400 s en 1820. Avec un taux d'allongement de la durée du jour d'1.7 millièmes de seconde par siècle, cela signifie que le jour a augmenté d'environ 3 millièmes de seconde en près de deux cent ans. Cela peut sembler une différence dérisoire, mais cela s'accumule de jour en jour, si bien qu'après une année de 365 jours, cela revient à environ une seconde d'écart. Cela permet d'expliquer pourquoi les secondes intercalaires se succèdent souvent d'un an. Toutefois, d'autres phénomènes de fluctuations de la rotation de la Terre entrant en jeu, il arrive que parfois, comme par exemple entre 1998 et 2005, il n'y ait pas d'ajout de seconde, ce qui signifie que la Terre a subi une accélération de sa vitesse de rotation.

Vers l'abandon des secondes intercalaires ?

Comme expliqué plus haut, l'ajout de cette seconde intercalaire va permettre au temps UTC de rester synchronisé sur la rotation terrestre à moins de 0.9 s d'écart. Mais pourquoi est-ce si important ? Pour bien comprendre cela, posons-nous la question inverse. Que se passerait-il si l'on n'imposait pas une telle synchronisation entre les deux échelles de temps ? Le temps UTC resterait stable et s'éloignerait progressivement du temps astronomique à cause du ralentissement de la rotation terrestre. En effet, en considérant que chaque année le temps astronomique s'écarte d'une seconde du temps atomique, et en négligeant les autres fluctuations de la rotation terrestre, on peut calculer qu'après environ 43 000 ans, il serait midi sur la montre réglée en UTC et minuit dans le temps astronomique !

L'échéance paraît lointaine mais la question du maintien de ces secondes intercalaires divise depuis de nombreuses années déjà : la seconde intercalaire du 30 juin 2015 pourrait bien être la dernière. L'ajout d'une seconde peut en effet nous sembler dérisoire, mais pour un système informatique cela peut poser de gros problèmes.

D'ailleurs, lors du précédent ajout de seconde, le 30 juin 2012, différents bugs étaient survenus. Dès lors faut-il conserver le système des secondes intercalaires ou bien accepter que notre échelle de temps s'éloigne progressivement du mouvement de rotation de la Terre ? L'organisme chargé de répondre à cette question est l'Union Internationale des Télécommunications, une institution des Nations Unies composée de 193 pays. Lors de sa précédente conférence mondiale en 2012, le sujet avait été longuement abordé mais sans qu'aucune décision ne soit finalement entérinée. Il faudra par conséquent attendre la prochaine conférence qui se tiendra en novembre 2015 afin de voir si une décision sera prise, dans un sens ou l'autre. Pour la petite histoire, il semblerait que les Britanniques soient les plus ardents défenseurs de la seconde intercalaire. En effet, ceux-ci sont particulièrement attachés au temps astronomique, celui-ci se référant à la position du Soleil par rapport à Greenwich. Par conséquent, si l'on supprimait la synchronisation du temps officiel avec la rotation terrestre, le lien avec Greenwich serait définitivement brisé !

Vivre la seconde intercalaire en live !

23 : 59 : 60

Vous souhaitez voir de vos propres yeux s'afficher 23 h 59 m 60 s ? Ce rendez-vous est à ne pas manquer puisque cela pourrait bien être la dernière occasion de vivre une seconde intercalaire. Connectez-vous au site [http ://www.bipm.org/fr/about-us/](http://www.bipm.org/fr/about-us/) dans la nuit du 30 juin au 1 juillet 2015. Mais n'y allez pas à 23 h 59, sans quoi vous risqueriez d'attendre encore longtemps ! Car n'oubliez pas que nous serons alors en heure d'été, soit UTC+2 h. Par conséquent, l'ajout de la seconde se fera en heure belge à 1 h 59 m 60 s.

Emeline Van der Beken (ULg)