

Pourquoi une seconde de plus en Juin 2015?

Le temps des astronomes

Depuis des siècles le seul étalon de temps dont disposait l'humanité était le mouvement de rotation de la voute céleste. Mouvement apparent, car nous savons que c'est la Terre qui tourne sur elle-même. L'une des tâches des astronomes était de fournir l'heure exacte. Dans un observatoire on mesurait l'intervalle de temps qui sépare deux passages d'une même étoile derrière un fil de visée. Cet intervalle définissait la durée du jour appelé sidéral (parce que basé sur les étoiles) que l'on divisait ensuite en minutes et secondes. L'horloge basée sur la rotation terrestre, supposée parfaite et régulière a défini le Temps Universel. Les astronomes étaient les maîtres du temps.

Les premiers soupçons

Dès 1695, Edmund Halley découvrit en étudiant les anciennes éclipses des disparités entre les observations et les résultats des calculs des positions de la Lune. Tout se passait comme si la Lune, au fil des siècles, se déplaçait de plus en plus vite dans son mouvement orbital autour de la Terre. Pierre-Simon de Laplace proposa en 1787 une explication en accord avec les observations. Las ! Quelques années plus tard, John Couch Adams reprit les calculs de Laplace et mit en évidence que ces calculs n'expliquaient que la moitié de l'avance de la Lune. C'est alors que l'on soupçonna que la rotation de la Terre y était sans doute pour quelque chose.

Un étalon qui n'en est plus un

La question se posa alors de savoir quel était le phénomène qui pouvait ralentir la rotation de la Terre. Le météorologue américain William Ferrel et l'astronome français Charles-Eugène Delaunay suggérèrent que l'incessant frottement dû aux marées pouvait être responsable de ce ralentissement.

La situation se compliqua singulièrement quand on mit en évidence d'autres variations :

- L'axe de rotation de la Terre ne coupe pas toujours le globe terrestre exactement au même point. Cela suffit pour faire varier légèrement les coordonnées géographiques de chaque point de la surface terrestres.
- Des fluctuations saisonnières furent constatées au début du 20^{ème} siècle. On pense que la fonte des glaciers et les mouvements de l'atmosphère peuvent en être les causes.
- Des variations aléatoires que l'on ne sait pas toujours interpréter pourraient être dues aux mouvements du noyau terrestre.

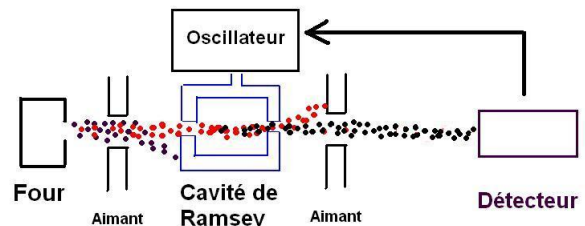
Il devint clair qu'il était devenu impossible de se fier à la rotation de la Terre pour déterminer le temps avec une très grande précision.

L'apparition de nouveaux étalons

Vers le milieu du XX^e siècle, les physiciens mirent au point des horloges mettant à profit des phénomènes quantiques au niveau de l'atome. Des réseaux complexes d'étalons et d'horloges atomiques permettent de déterminer un « Temps Atomique International » (TAI). La précision de ces horloges atomiques, compactes et reproductibles en laboratoire, est vertigineuse : une seconde sur plusieurs centaines de millions d'années !

Le principe des horloges au césium

Etrange élément chimique que ce césium. C'est un métal de la même famille que le sodium et le potassium. Il fond à 28,5° et possède deux propriétés remarquables : c'est le plus gros atome stable que l'on connaisse et il ne possède aucun isotope. Tous les atomes de césium sont identiques et comme chez tous les métaux alcalins, il se caractérise par un seul électron sur la couche électronique externe. C'est justement un phénomène affectant cet électron qui est mis à profit dans les horloges à césium. Cet électron peut se présenter avec deux niveaux d'énergie légèrement différents et le passage d'un de ces niveaux à l'autre (la « transition hyperfine ») correspond à l'émission ou à l'absorption d'un photon lié à une fréquence extraordinairement précise et stable. Il est donc possible d'accorder un oscillateur sur cette fréquence qui va alors « battre » à la fréquence liée à la transition exactement comme le balancier d'une pendule ou le ressort spirale d'une montre mécanique.



Une nouvelle définition de la seconde : le temps des physiciens

Cette incroyable précision a conduit les physiciens à prendre comme étalon de temps la seconde définie par son rapport à la fréquence de cette transition hyperfine du césium. 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. C'en est fini des étoiles et de la Terre qui tourne. Tout se passe maintenant dans les laboratoires des physiciens.

Les différentes échelles de temps

Il n'empêche que nous avons besoin pour la plupart de nos activités d'un temps qui d'une part soit calé sur la rotation de la Terre et qui d'autre part s'écoule en utilisant la seconde telle que définie par rapport aux étalons atomiques au césium. Toute la difficulté va être d'accorder notre temps usuel selon des règles précises en tenant compte de l'échelle astronomique et de l'échelle atomique. Les observatoires continuent à fournir une échelle liée à l'observation de la rotation apparente de la voute céleste, échelle nommée

Universal Time 0 ou UT0. Cette échelle de temps corrigée des variations dues au déplacement du pôle géographique, porte le nom de *Universal Time 1* ou UT1 (échelle de temps utilisée pour la navigation). La correction des variations saisonnières donne l'échelle *Universal Time 2* ou UT2. Ces échelles de temps sont déterminées astronomiquement.

Le temps usuel civil que nous utilisons s'appelle UTC (Temps Universel Coordonné). En 1958, UTC et TAI ont été définis comme parfaitement synchrones.

Du fait du ralentissement progressif de la rotation de la Terre, UTC devra être progressivement décalé par rapport au déroulement des secondes définies physiquement par l'étalon au césium. On s'arrangera toujours pour que ce décalage soit un nombre entier de secondes pour assurer le synchronisme du battement des secondes dans UTC et dans TAI. Pour accorder du mieux que l'on peut UTC par rapport à la rotation de la Terre (UT1), on rajoute de temps en temps une seconde à UTC.

Chaque fois que la variation de la rotation de Terre menace de faire différer UT1 et UTC de plus de 0,9 secondes, on sait qu'il est temps d'insérer une seconde intercalaire dans UTC. De telles modifications sont intervenues 25 fois depuis 1972. La prochaine aura lieu le 30 juin 2015 à 23h 59m 59 s. Le Temps Universel Coordonné devra alors afficher une seconde intercalaire pour coller le plus exactement possible au temps astronomique UT1 : 23 h 59 m 60 s avant de continuer à 0h 0m 0s.

A quoi bon tant de précision, direz-vous ? A notre vie de tous les jours. Un exemple parmi bien d'autres : le GPS de votre voiture, la géolocalisation de votre smartphone en dépendent. De plus, une telle précision permet de mettre en évidence de nouveaux phénomènes et ouvre la voie vers de nouvelles découvertes.

Pour en savoir plus, un article accessible, La Terre tourne-t-elle encore rond?

http://acces.ens-lyon.fr/clea/archives/cahiers-clairaut/CLEA_CahiersClairaut_126_09.pdf

Pour aller plus loin:

<http://www.obspm.fr/ajout-d-une-seconde.html>

<http://syрте.obspm.fr/> le SYRTE: Systèmes de Référence Temps-Espace

Vous pouvez également consulter le site du BIPM: Bureau International des Poids et Mesures

<http://www.bipm.org/fr/about-us/>

Bureau international de l'heure : (reportage du 6mai 1972)

<http://www.ina.fr/video/CAF93053168>

Deux livres :

Combien dure une seconde ?-La saga des horloges atomiques par Tony Jones, EDP Sciences 2003

Astronomie et mesure du temps par J.-J.Delcourt, Masson 1982

R.Trotignon

Société d'Astronomie Populaire

Toulouse