DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"

LA SECONDE ATOMIQUE EXISTE DEPUIS 1,58 MILLIARD DE SECONDES

Publié le 13 octobre 2017

Au lendemain des proclamations de deux prix Nobel 2017 liés à la mesure du temps, l'un centré sur notre horloge interne à l'échelle de nos cellules, l'autre sur les oscillations de l'espace-temps à l'échelle de l'univers, ce 13 octobre 2017 marque le cinquantième anniversaire de la définition atomique de la seconde.

Une révolution scientifique qui fit basculer la mesure du temps de l'astronomie à la physique quantique. Mais également une magnifique aventure de collaboration internationale que retracent ici, pour Daily Science, les Drs Pascale Defraigne et Bruno Bertrand, du Bureau de l'Heure, à l'Observatoire royal de Belgique.

Le jour solaire comme premier étalon

La première définition de la seconde, implicite mais universellement admise, était la fraction 1/86 400 de jour solaire moyen, qui n'est autre que le jour solaire vrai (intervalle de temps entre deux passages du soleil par le méridien d'un lieu) corrigé des variations saisonnières dues à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre et au caractère elliptique de son orbite (ces deux effets combinés formant ce qu'on appelle « l'équation du temps »). La seconde, étalon de mesure, est ainsi réalisée dès le début du XXe siècle sur base des observations de passage d'étoiles par le méridien collectées en différents observatoires dans le monde à l'aide de lunettes méridiennes.

DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"

L'arrivée des horloges à quartz dans les années 30 et les progrès dans le calcul des éphémérides astronomiques montrent que la rotation de la Terre présente des irrégularités ainsi qu'une tendance à ralentir à cause d'une dissipation d'énergie dans le système Terre-Lune. La communauté internationale choisit donc en 1960 de revoir la définition de la seconde en utilisant la révolution de la Terre autour du soleil, plus régulière que la rotation de la Terre sur elle-même.

L'éphémère seconde des éphémérides

La deuxième définition de la seconde fut ratifiée sous le nom de « seconde des éphémérides » comme étant la fraction 1/31 556 925,9747 de l'année tropique pour 1900 calculée sur base des éphémérides du Soleil. Le temps des éphémérides était une échelle de temps incommode dans son utilisation pratique, l'étalon de mesure étant très difficile à réaliser. L'arrivée simultanée des horloges atomiques, de plus, fit que cette définition de la seconde basée sur les éphémérides fut vite abandonnée.

C'est au milieu du XXe siècle que les physiciens ont cherché à exploiter les transitions atomiques pour réaliser des mesures de fréquences et de temps ultra précises. Très vite, les horloges atomiques vont surpasser les phénomènes astronomiques de 4 ordres de grandeur.

Le temps atomique international

C'est ainsi que le 13 octobre 1967, la 13e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) entérina la troisième définition de la seconde de l'Histoire : « 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. »

On avait ainsi une unité de mesure du temps stable, précise et surtout facilement reproductible puisque toute horloge atomique était capable de la générer. L'étalon unique de la seconde fut alors choisi par la CGPM en 1971, comme étant la seconde du Temps Atomique International (TAI), échelle de temps définie à partir d'un ensemble d'horloges atomiques distribuées à travers le monde. Actuellement, environ 500 horloges réparties dans 75 laboratoires de temps participent au TAI. Quatre de ces horloges se trouvent à l'Observatoire royal de Belgique.

Quand la planète ralentit

Par souci de continuité, la seconde atomique de 1967 a été définie de manière à s'accorder à la seconde des éphémérides. Cette dernière reposant sur l'année 1900 des éphémérides, il s'en suit un écart croissant entre le temps atomique et le Temps Universel associé à la durée du jour (qui s'accroit d'environ 2 ms par siècle). Dans le but d'utiliser dans la société une échelle de temps atomique en accord avec la durée du jour, le Temps Universel Coordonné (UTC) a été défini comme étant TAI auquel on ajoute des secondes intercalaires si nécessaire, de sorte que l'écart avec le Temps Universel reste inférieur à 0,9 seconde. Dans ce cas, la seconde intercalaire est ajoutée le 30

DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"

juin ou le 31 décembre, ce qui n'est pas sans poser des problèmes pour les systèmes informatiques ou de positionnement par satellites (voir article Daily Science du 1er juin 2015).

http://dailyscience.be/2015/06/01/le-mois-de-juin-comptera-une-seconde-supplementaire/

Mais là est bien son seul défaut, car la définition de la seconde atomique a permis des avancées technologiques et scientifiques sans précédent. Elle est utilisée de manière cachée dans les réseaux de télécommunication, les centres financiers, les réseaux de distribution électrique. Une des premières applications notables des horloges atomiques a été leur déploiement dans l'espace à bord des satellites GPS (Global Positioning System) au début des années 80. Aujourd'hui, la navigation par satellite connaît une multitude d'applications tant scientifiques que sociétales, allant de l'agriculture à la météorologie, en passant même par la synchronisation !

Les physiciens ont également tiré grand profit de la mesure atomique du temps. Tests de la relativité d'Einstein, détection des ondes gravitationnelles, mesure des constantes fondamentales de la nature dans différentes conditions, détection d'oscillation des neutrinos, accélérateur de particules, détection de rayons cosmiques n'en font qu'une liste non exhaustive.

Le mètre est défini en fonction du temps

Forte de cet effort international, la seconde atomique est l'unité du système international (SI) qui est la mieux déterminée, avec une erreur relative de 10-15. À ce titre, elle est utilisée comme source d'autres unités du SI, par exemple le mètre, redéfini en 1983 par « la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde ».

Avec l'introduction de nouveaux étalons de fréquence à réseau optique, d'une fréquence 100.000 fois plus élevée que les micro-ondes, il est fort à parier que la définition actuelle soit revue dans les années à venir. Plusieurs atomes et transitions se portent candidats, rendez-vous dans quelques années pour dévoiler le lauréat…

Fruit d'une collaboration internationale, l'évolution de la mesure du temps et ses applications technologiques montrent combien la communauté internationale a cette faculté de progresser de manière efficace, concertée et constructive, un signe encourageant face aux défis qui attendent l'humanité au 21e siècle.

L'Observatoire royal de Belgique a eu la grande chance de participer dès le départ à cet effort international. Lors de la création de l'Observatoire en 1835, l'un des objectifs principaux était d'établir un catalogue d'étoiles par des observations méridiennes. L'Observatoire royal de Belgique fut ensuite parmi les premiers établissements à participer dès 1926 à la réalisation du Temps Universel sous la sollicitation du Bureau International de l'Heure. L'Observatoire suivit ensuite l'évolution technologique en installant ses premières horloges à quartz en 1955, puis, dans la seconde moitié du XXe siècle, les horloges atomiques. Aujourd'hui, l'heure précise est toujours réalisée à l'Observatoire.

DAILY SCIENCE
DÉCOUVREZ LA SCIENCE, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION "MADE IN BELGIUM"