

La fabrication du Temps Atomique International (TAI)

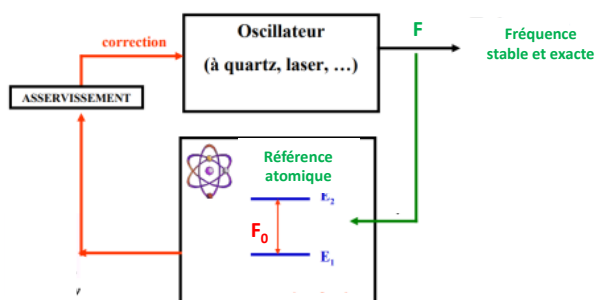
La réalisation du *Temps Atomique International* nécessite de disposer d'étalons atomiques stables et exacts, et de moyens très performants pour comparer les différentes horloges réparties dans le monde, qui participent à sa définition.

Principe de fonctionnement d'une horloge atomique

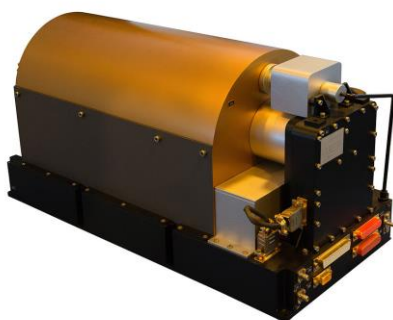
Les atomes (césium, rubidium, hydrogène...) sont soumis à un champ électromagnétique (faisceau micro-ondes ou laser) qui excite leur cortège électronique : les électrons absorbent cette énergie à une fréquence très précise et passent à un niveau d'énergie plus élevé.

Les électrons retournent à leur état d'énergie initial en réémettant un photon à la même fréquence.

Un système de rétroaction ajuste le champ électromagnétique pour maintenir l'atome dans un état résonnant optimal, ce qui assure que la fréquence mesurée reste stable.



Principe d'une horloge atomique : la fréquence émise est proportionnelle à l'énergie mise en jeu ($E_2 - E_1$) pour l'excitation des électrons



Une horloge atomique à hydrogène utilisée pour la géolocalisation (satellites Galileo de l'ESA) ; poids : 18 kg. Elle mesure le temps avec une précision d'environ 1 milliardième de seconde sur 24 heures, soit une erreur de positionnement de 30 cm à la surface de la Terre.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ESA_Galileo_Passive_Hydrogen_Maser.jpg

Ce type d'horloge atomique utilise la transition ultra stable de 1 420 405 751,7667 hertz (Hz) dans un atome d'hydrogène pour mesurer le temps à 0,45 nanoseconde près sur 12 heures. Une erreur de synchronisation de 1 nanoseconde ou 1 milliardième de seconde (10^{-9} ou 1/1 000 000 000 s) entraîne une erreur de position de 29,9792458 cm (11,8 pouces) à la surface de la Terre.

Un réseau d'horloges atomiques géré en France

Le *Temps Atomique International* (TAI) est maintenu par un ensemble d'horloges atomiques (environ 500) réparties dans 85 laboratoires à travers le monde.

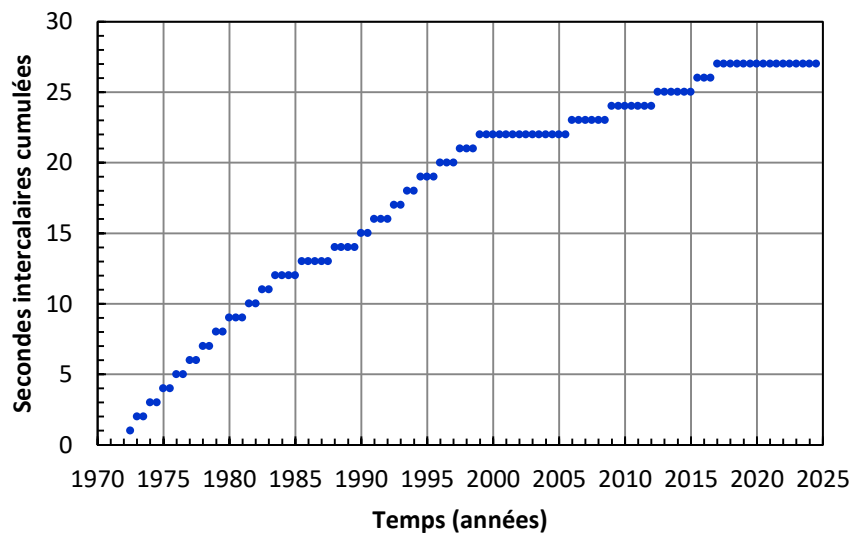
C'est près de Paris, au Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) qu'est calculé le *Temps Universel Coordonné* (UTC) qui repose sur une combinaison des mesures des horloges atomiques du monde entier.



Les antennes qui reçoivent les signaux du réseau des horloges atomiques, au Bureau International des Poids et Mesures (BIPM).

Le *Temps Universel Coordonné* est constamment ajusté (secondes intercalaires) pour tenir compte des irrégularités de la rotation de la Terre.

À 27 reprises depuis 1972 (la dernière fois en 2016), il a donc fallu ajouter une seconde aux horloges atomiques pour tenir compte du ralentissement de la rotation de la Terre. Les secondes intercalaires devraient être supprimées en 2035.



Secondes intercalaires ajoutées au Temps Atomique International depuis 1972.