

Temps et Astronomie

Daniel Gambis
Observatoire de Paris



Depuis très longtemps, l'Homme a observé les phénomènes célestes pour déterminer le temps qui passe. Il a pu remarquer le caractère périodique de l'alternance des jours et des nuits, les phases de la Lune ou le mouvement de la Terre autour du Soleil. En particulier, la rotation de la Terre sur elle-même fournit une bonne horloge naturelle qui a pu être utilisée pour régler les activités humaines. Avec le développement des techniques modernes comme le chemin de fer, une plus grande précision et une meilleure cohérence devinrent nécessaires et en 1884, lors de la conférence internationale de Washington, les astronomes adoptèrent comme référence le Temps Universel basé sur la rotation de la Terre ; en même temps on adopta le méridien de Greenwich comme méridien origine ainsi que le système des fuseaux horaires.

Dans les années 1950, l'exigence de meilleures précision et stabilité conduisit à abandonner progressivement le Temps Universel au profit du Temps Atomique International (TAI) basé sur les horloges atomiques. L'échelle de temps légale actuelle est le Temps Universel Coordonné (TUC) qui a les propriétés d'un temps atomique tout en étant couplé à la rotation de la Terre par l'intermédiaire de secondes intercalaires introduites dans TUC. Bien que la communauté scientifique en soit globalement satisfaite, ce système présente des inconvénients liés au fait qu'il ne soit pas continu au moment de l'introduction des secondes intercalaires. Des discussions internationales qui ont lieu depuis une dizaine d'années pourraient aboutir en 2015 à une révision de la définition du temps légal TUC avec la suppression de cette seconde intercalaire.

Cela mènerait alors à découpler le temps légal de la rotation de la Terre.

Le temps solaire, l'équation du temps

La Terre tourne sur elle-même en 24 heures. On voit le Soleil se déplacer d'Est en Ouest au cours de la journée. Le mouvement apparent du Soleil est comme une horloge naturelle dans le ciel. Il est midi lorsque le soleil passe au méridien du lieu. Le jour solaire est la durée entre deux retours successifs du Soleil au méridien local. Pour mesurer le temps, les hommes développèrent tout d'abord des instruments simples comme le gnomon, simple bâton planté en terre, et le cadran solaire.



Cadran solaire marquant les heures vraies solaire.

Pendant longtemps ce mouvement du Soleil suffira pour régler les activités humaines. Par la suite les exigences de précision augmentant, on ne tiendra plus compte des diverses variations et on obtiendra un temps plus uniforme.

On sait maintenant que l'observation du mouvement du Soleil ne donne pas accès à un temps uniforme pour les raisons suivantes :

- d'une part l'orbite de la Terre autour du Soleil n'est pas un cercle mais une ellipse, par suite le mouvement angulaire de la Terre autour du Soleil est plus rapide au périhélie (de décembre à janvier)
- d'autre part l'axe de rotation de la Terre est incliné par rapport au plan de l'écliptique.

Ce phénomène est bien connu : il correspond à l'*équation du temps* et se reproduit d'une année sur l'autre. Notons ici qu'en Astronomie *équation* signifie *correction*. A midi, le Soleil peut avoir une avance ou un retard à son passage au méridien, qui atteint une quinzaine de minutes au cours de l'année. Newton est probablement le premier à s'en être aperçu. Pendant longtemps cette imprécision ne fut pas gênante. On n'était pas à un quart d'heure près pour prendre la diligence !

Si l'on prend en compte l'équation du temps, on accède à un temps plus régulier : le temps solaire dit *moyen*. Ecrit autrement, le jour solaire moyen est basé sur un soleil moyen fictif qui se déplacerait autour de l'équateur à vitesse constante tout au long de l'année. Cette moyenne est de 24 heures.

Notons que cette correction de l'équation du temps figure maintenant sur un bon nombre de cadrans solaires. L'évolution annuelle de l'équation du temps, en un endroit donné, peut être visualisée à l'aide d'une courbe appelée *analemme*.

Analemme du Soleil
au-dessus du porche des Caryatides
de l'Acropole d'Athènes.

C'est une étrange figure que dessine
le Soleil observé tout au long
de l'année. L'opération est complexe.
On superpose les vues du Soleil prises
à midi solaire sur le même morceau
de négatif pour obtenir
cette danse magique...



Pour la petite histoire, les horloges de Paris étaient réglées sur le temps solaire vrai non uniforme jusqu'à la seconde Restauration, en 1815, et il fallait régulièrement les remettre à l'heure à partir de cadrans solaires lorsque ceux-ci marquaient midi. L'utilisation du temps moyen fut à l'ordre du jour à la fin du XVIII^e siècle et il fut introduit à Paris dès 1816. L'heure de Paris définie par le temps civil de Paris devint le temps légal français en 1891. Il fut défini, comme étant le temps moyen de Paris augmenté de 12 heures, ce qui était plus pratique pour les citoyens dans leur vie de tous les jours. L'heure de Paris satisfaisait principalement les compagnies de chemins de fer. Ce fut Chabrol de Volvic, préfet de la Seine en 1816, qui décida de régler les horloges de Paris sur le temps solaire moyen (et non plus sur le temps solaire vrai). Cette décision de changement ne se fit pas sans crainte pour le préfet, comme celle notamment d'un mouvement insurrectionnel de la population ouvrière. Cependant cela ne se réalisa pas et le changement passa inaperçu.

Les horlogers quant à eux, exprimèrent leur satisfaction de voir enfin la mesure du temps rapportée un phénomène régulier. Cela supprimait en grande partie le désaccord entre la marche du Soleil et la mécanique horlogère. En particulier, ils n'étaient plus en butte aux critiques des possesseurs de montres qui accusaient celles-ci de ne pas marcher correctement.

Les sociétés de chemins de fer adoptèrent rapidement pour chaque réseau l'heure de la capitale, en l'occurrence Paris pour la France. Cependant, une confusion subsistait et de nombreuses gares affichaient



Horloge de gare (en temps moyen de Paris) montrant au XIX^e siècle une heure différente de celle apposée à l'extérieur de la gare, qui donnait le temps solaire local.

des heures différentes : une horloge visible à l'intérieur affichait l'heure de la gare pour la bonne circulation des trains, l'horloge extérieure l'heure de la ville qui, suivant les endroits, donnait une heure locale moyenne ou vraie.

Cette situation présentait, de gros inconvénients qui étaient pires, comme on peut l'imaginer dans des pays étendus en longitude comme les Etats Unis ou l'on utilisait en 1833 jusqu'à 75 heures différentes ! Il était nécessaire d'établir un système unifié du temps dans le monde entier. On organisa alors une conférence internationale : la conférence de Washington

de 1884, qui eut pour but l'adoption d'un méridien origine ainsi qu'un temps universel de référence.

Le Temps Universel

Durant la conférence de Washington, on adopta pour méridien origine le méridien de Greenwich ainsi que le temps GMT (*Greenwich Mean Time*), qui deviendra par la suite le Temps Universel ; ceci à l'issue d'une âpre discussion et après avoir vaincu l'opposition de la France, qui traîna les pieds par la suite pour mettre en application cette décision. A cause de l'hostilité de la France envers l'Angleterre, le rattachement de la France au Temps Universel ne fut voté qu'en 1911. Aussitôt après, en 1912, fut créée le BIH (*Bureau International de l'Heure*) qui eut pour mission d'unifier l'heure dans le monde.

Grâce à la radio récemment inventée on disposait alors d'un moyen puissant de transmission de signaux horaires.

Pendant des dizaines d'années jusqu'en 1972, le BIH à l'Observatoire de Paris diffusa le temps universel TU dérivé de l'observation de la rotation de la Terre par un réseau d'instruments astronomiques (tubes photo-zénithaux, lunettes méridiennes ou astrolabes) répartis sur le globe.



Emetteur de signaux horaires

La Terre ne tourne pas si rond

On sait maintenant que la rotation de la Terre sur elle-même, qui détermine le passage des jours et des nuits, ralentit sur le long terme, à cause principalement des effets d'attraction luni-solaire. De plus, notre planète est perturbée par le mouvement de ses constituants internes (noyau, manteau) et externes (atmosphère, océans) qui modifient sa rotation. Le manque d'uniformité de la rotation terrestre joint au développement des horloges atomiques dans les années 1950 allaient conduire à l'abandon du temps de la rotation terrestre comme échelle de référence au profit d'une échelle de temps fondée sur la marche des atomes : le Temps Atomique. Ce temps de la physique est indépendant des mouvements célestes. Ironie du sort, ce temps diaboliquement uniforme permet maintenant d'étudier les variations de la rotation de la Terre !

Le temps atomique : le temps de la physique

Le Temps Atomique International ne correspond pas à une horloge précise. Il est calculé par le BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures* situé à Sèvres dans la banlieue de Paris) comme étant la moyenne de plusieurs centaines d'horloges atomiques réparties dans les meilleurs laboratoires du temps dans le monde comme celles de l'Observatoire de Paris. C'est un temps d'essence différente que le temps universel.

Il est obtenu par accumulation des secondes pour fabriquer une échelle de temps uniforme. Ce temps de physicien est insensible aux humeurs de notre Terre.

Le temps légal : le Temps Universel Coordonné (TUC) et la seconde intercalaire ou en anglais « leap second »

Toutes les activités humaines s'effectuent à partir de notre planète Terre. Les astronomes ont donc voulu, pour des raisons pratiques, que le temps atomique ne s'écarte pas de plus d'une seconde du temps universel lié à la Terre. On a donc institué en 1972, une nouvelle échelle de temps qui est recalée de temps à autre par l'introduction de secondes intercalaires. Ces secondes sont introduites en priorité les 31 décembre ou 30 juin..

Cette nouvelle échelle de temps atomique modifiée par l'ajout d'une seconde s'appelle le Temps Universel Coordonné (TUC). TUC est la base du temps civil de la majorité des pays du globe.

La responsabilité de la prévision et de l'annonce de ces secondes intercalaires appartient au *service de la rotation de la Terre* de l'IERS (Service International de la Rotation Terrestre et des Systèmes de Référence) qui est hébergé par le département SYRTE à l'Observatoire de Paris. Cette décision est ensuite mise en œuvre par les autorités internationales et nationales responsables de la diffusion du temps.

Ce système fonctionne avec satisfaction depuis 1972. Cependant, il présente des inconvénients, à cause principalement de son caractère non continu au moment de l'introduction de ces secondes intercalaires. Des discussions internationales en cours depuis plusieurs années pourraient mener à une modification de ce système. L'échelle de temps TUC serait alors dissociée de la rotation de la terre et nous n'aurions plus à rajouter de secondes intercalaires.

Une recommandation dans ce sens sera présentée lors de la prochaine assemblée des radiocommunications qui aura lieu à Genève en 2015.

Si cette recommandation est acceptée, l'utilisation des secondes intercalaires serait alors supprimée de l'échelle de temps TUC. L'écart entre les deux échelles TU1 et TUC pourrait atteindre une minute au bout d'un siècle et deux heures après 1000 ans.

Il faudra alors chercher midi à quatorze heures !

D.G