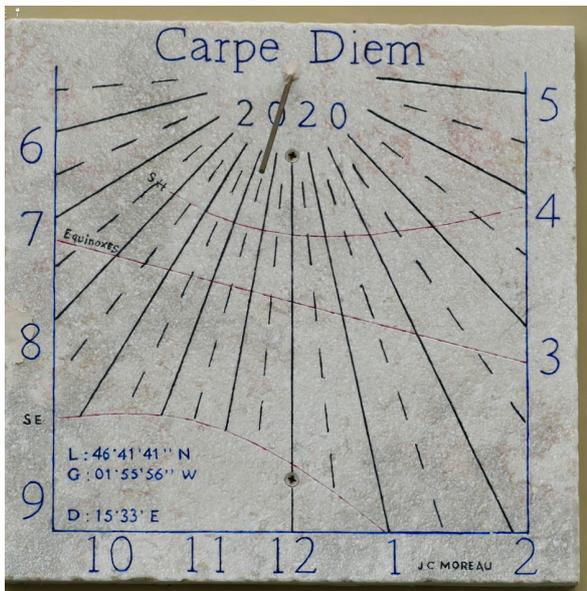
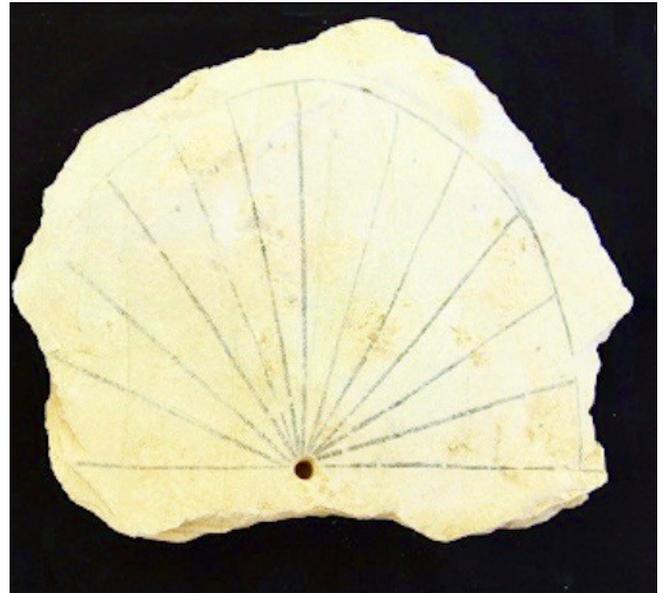


HEURES et CADRANS SOLAIRES

Le concept remonte à l'antiquité. Le **gnomon**, un simple bâton planté dans le sol et dont l'ombre permet concrétiser la notion du temps qui passe. Le cadran solaire, dispositif avec des graduations date du 2ème millénaire. Il sera perfectionné au 17ème avec l'invention de la trigonométrie (*mot apparu en 1600 dans les écrits de Pitiscus*). Sans perdre de son âme, d'instrument plutôt empirique il devient instrument de mesure, avec des critères de réalisation stricts. D'abord le gnomon sera **parallèle à l'axe de rotation de la terre** et nommé **style**. Des graduations rectilignes, centrées sur le pied du style, seront tracées d'heures en heures sur ce **cadran vertical**.



Le positionnement du style et le tracé des traits horaires seront l'affaire du gnomoniste-cadranier qui tient compte de la latitude, de la longitude et surtout de l'orientation du cadran. L'informatique nous a apporté des logiciels facilitant ses calculs méticuleux mais loin de nous dispenser de son savoir-faire !!!

Si les heures indiquées, sont égales entre elles, les graduations ne le sont pas, d'autant plus que le mur n'est pas exposé plein sud. Ça ne saute pas aux yeux, quand on l'observe au pied du mur !!!!

À gauche, sur ce dernier, J.Cl. Moreau a pris soin de fournir les données de son point d'amarrage : rue du Port Fidèle, (non loin d'une girouette admirable elle aussi !!!)

Sur ce cadran vertical magnifiquement restauré à Dresde on retrouve les caractères du cadran du 17ème. La petite boule noire sur le style m'évoque ces cadrans antiques, où l'on observait selon la saison, l'ombre de l'extrémité du gnomon, parcourant diverses trajectoires courbes. Une seule est rectiligne, marquée d'un symbole du zodiaque, marquée du mot équinoxe ci-dessus.

Remarque : Le style est parallèle à l'axe de rotation de la terre. Bien que distants d'environ 5000 km ces 2 axes sont confondus, ce qui peut choquer, mais comparé à la distance Terre-Soleil 150000000 km, c'est minime, l'approximation est acceptable !!!



Le **CADRAN HORIZONTAL**, un proche cousin du précédent, ne saurait en être dissocié. Le gnomoniste exploite le même calcul, impose les mêmes impératifs : Style rectiligne et **parallèle** à l'axe de rotation de la terre. Ici, à Vairé, comme le plus souvent, le style est remplacé par l'arête d'un triangle (plus résistante).

NB : à gauche, une discrète plaque claire, hexagonale sur laquelle figure la courbe de l'**équation du temps**, sur le rôle de laquelle on s'attardera en cinquième page !!!



Pour le commun des mortels, un cadran solaire, c'est plat et ça s'accroche au mur. Mais c'est un peu restrictif, c'est oublier les **AUTRES TECHNIQUES** diverses, souvent méconnues parfois datant d'une époque, où, ne disposant pas encore de la trigonométrie, les mathématiciens avaient su contourner les problèmes et s'en étaient sorti avec simplicité, élégance, bref sans calculs !

Le cadran ÉQUATORIAL

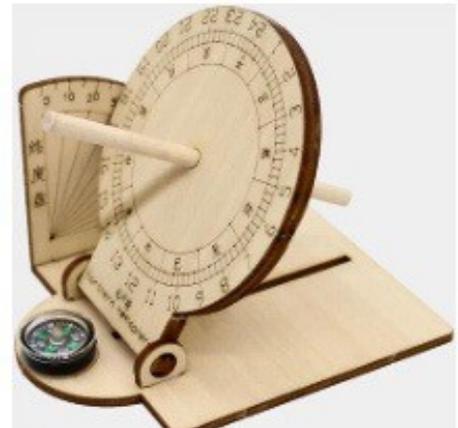
- Cette variante didactique, pourrait presque se passer de commentaires

Le style **parallèle** à l'axe de la terre, le cadran **parallèle** au plan équatorial et le principal, des graduations régulières sont espacées de 15° .



Dans la Cité interdite

La variante **armillaire** du cadran équatorial Plus dépouillée, aérienne, et lisible, même les jours proches de l'équinoxe



Sur un mode **CYLINDRIQUE**, qui devinerait au premier regard que cette œuvre-d'art aux lignes dépouillées cache en réalité un cadran solaire !!!

Les arêtes du cube et les graduations sont **parallèles** à l'axe de la terre

Trois faces du cube sont utilisées.

On lit l'heure sur les surfaces creuses, en demi-cylindre et, on remarquera à nouveau les graduations régulières avec des angles égaux.

(Bébert, mon prof de math en 3ème, aurait profité de l'occasion pour nous faire plancher sur cette curiosité géométrique : En 1 heure le soleil tourne de 15° dans le ciel, pendant que son ombre parcourt un angle de 30° sur le cylindre ???)

à Saint-Hilaire



à Givrand





Le principe : Une sphère creuse, un objet, une petite boule ou comme ici l'extrémité d'une tige est placée rigoureusement en son centre, et l'on suit le parcours de l'ombre sur la surface.
Ci-contre, un magnifique spécimen antique découvert en Turquie



À Vogüe, en Ardèche, cette variante de 1610 est constituée de deux quarts de sphère.

Regardez les graduations, la sphère est découpée en quartiers, telle une orange !!! Dans l'antiquité, la journée était divisée en 12 heures, dites **temporaires**, de longueurs variables selon la saison. Cette partition en quartiers d'agrumes permet de toujours diviser le jour en douze quelque soit sa durée. *(Je ne saurais assurer que ces heures soient rigoureusement égales entre elles)*

Le clepsydre des grecs, laissait augurer le bien-fondé des heures de durées constantes. Elles seront adoptées avec l'arrivée des horloges mécaniques à foliot et complètement entérinées avec l'arrivée de la pendule de Huygens. Bien-entendu, cela impose un tracé différent des graduations, ce qui saute aux yeux sur ce modèle contemporain, ci-dessous

Cette cohabitation (des systèmes horaires) dura quelques siècles, et laissa des traces cachées que l'on devine sur les cadrans énigmatiques de nos vieilles horloges astronomiques, (p10) et même d'antiques horloges de salon.

Sur ce modèle contemporain à Séoul, le concepteur a exploité la particularité géométrique de ce cadran : comme avec le cadran équatorial, en 1 heure l'ombre décrit, un arc de 15° sur la sphère

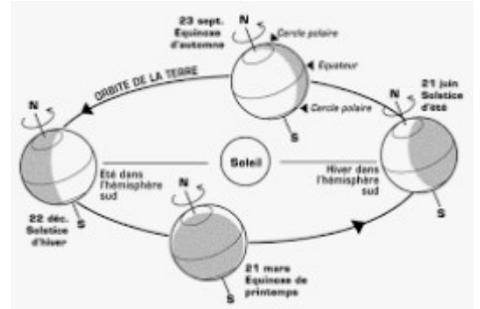


- Le Soleil n'est pas assez fiable pour s'imposer comme la référence du temps !!!

- Pour faire au plus simple : la rotation du soleil dans le ciel est moins régulière qu'elle n'y paraît :

La terre est animée de deux mouvements : Sa rotation sur elle-même, d'une régularité imperturbable, et donnant l'illusion que la voûte céleste, repère immobile, fait un tour en 23h 56mn 4s.

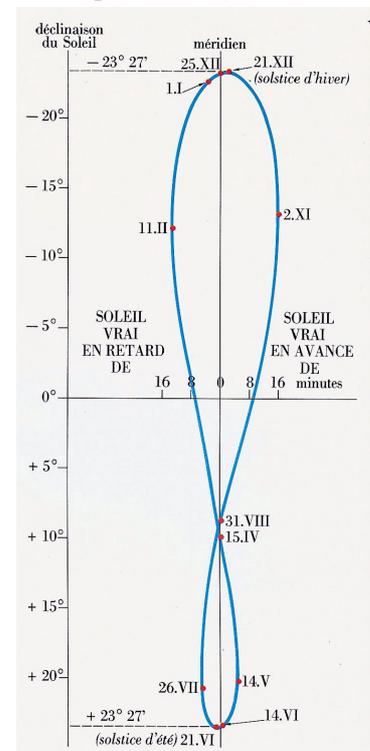
Et sa révolution pas tout à fait régulière autour du soleil, donnant au terrien l'impression que c'est le soleil qui tourne mais dans l'autre sens par rapport à la voûte céleste, passant tour à tour, devant les 12 constellations du Zodiaque !!! Ces deux mouvements composent le mouvement apparent du soleil, celui que le cadran solaire se propose d'observer in fine. Deux détails d'importances comparables, dont les explications ont parfaitement le droit de vous échapper vont venir embrouiller ce beau mécanisme.



- D'une part, l'orbite de la terre autour du soleil est elliptique et Kepler l'a fait savoir : la vitesse de la terre accélère à l'approche du soleil d'où une variation annuelle de sa vitesse apparente.

- D'autre part, l'axe de rotation de la terre est incliné de 23° par rapport à l'axe de l'écliptique. Les deux mouvements ne répondent pas à une simple loi d'addition-soustraction, mais se combinent plutôt à la façon de vecteurs, qui ont la désobligeante idée de ne pas rester correctement alignés au cours de l'année, d'où une autre variation, mais semestrielle

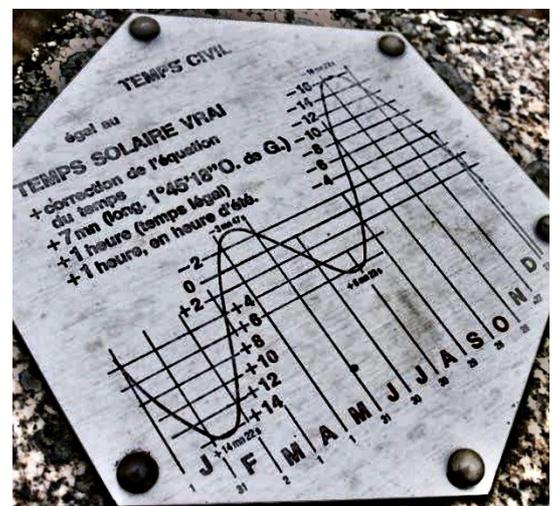
- La petite erreur, ou **équation du temps**, atteint tout de même le quart d'heure, à date fixe, début novembre et mi-février. Claude Ptolémée l'indiquait dès l'antiquité, Kepler et ses lois permirent de comprendre pourquoi, et enfin, Huygens offrit le moyen de la mesurer. En 1657, sur une idée de Galilée, il énonce la théorie de l'**isochronisme** du Pendule, et demande au maître horloger Salomon Coster, de réaliser la première horloge à balancier pendulaire. Ainsi équipée d'un **pendule** son horloge devient **une pendule** et acquiert la **précision**. Au passage, mais c'est une digression, **le pendule** fera encore la vedette, avec Léon Foucault qui, en 1851, l'introduit au Panthéon, non pour l'enterrer, mais pour apporter une nouvelle preuve (*en salle*) de la rotation de la terre.



- **La pendule**, très performante, eut une aiguille des minutes dès le premier exemplaire. La diplomatie, mais surtout le bon sens décideront que l'heure légale sera celle de l'horloge mais calée sur l'heure moyenne du soleil. Je pourrai donc continuer à affirmer sans me contredire tantôt *Solem quis discere falsum audeat* : Qui ose dire que le soleil se trompe (Virgile) et tantôt comme les successeurs de Salomon ; *Solis mendaces arguit horas* : Elle prouve que les heures du soleil sont trompeuses, que Antide Janvier en 1799 osera traduire par, et c'était là le charme de la version latine : *L'horloge convainc d'erreur le soleil lui-même.*

- Aujourd'hui, pour en persuader les derniers sceptiques, je tracerai un point sur le cadran solaire à l'extrémité de l'ombre du style, à l'heure où ma montre à quartz indique midi. En fin d'année, ces points dessineront une figure en forme de huit, allongée, mystérieuse, mais très décorative : l'**analemme** matérialisant l'erreur saisonnière de mon cadran solaire.

- La classique **courbe de l'équation du temps** est l'autre et parfois l'**unique façon** de présenter cette correction (*cadran équatorial, cylindrique et analemmatique*) Sa forme laisse deviner les 2 influences, annuelle et semestrielle. En prime, à Vairé, ce mode d'emploi d'une rare limpidité !!!



MÉRIDIENNE

- Louis XIV, le roi soleil, prenant sa fonction très au sérieux, fixait l'heure de midi au moment où le soleil était à son zénith. L'horloge était encore réduite au rôle de simple « garde-temps » entre deux midis ensoleillés.

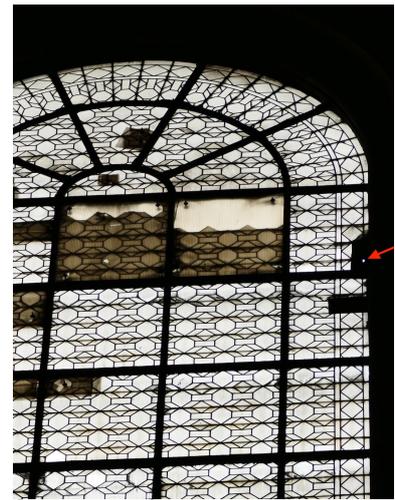
- On voit donc apparaître des cadrans solaires simplifiés, ne présentant que le segment horaire de midi, spécialement affectés au réglage des horloges mécaniques. La célèbre méridienne de l'église **Saint-Sulpice** fut construite en 1714, à l'initiative du curé Languet de Gergy et l'aide de l'horloger Henry Sully. Un orifice *plus exactement deux* dans le vitrail du transept sud, à 18 mètres de hauteur, laisse entrer les rayons du soleil. Il est midi lorsque le rayon lumineux coupe une ligne tracée au sol et prolongée au nord par un obélisque ajouté par nécessité, pour la circonstance (*schéma ci-contre*) Cette méridienne monumentale, exposée aux regards de tous, peut passer inaperçue lorsqu'il y a foule. Les marques au sol permettent de repérer midi, mais aussi la date des équinoxes, des solstices et déterminer certaines dates clés du calendrier liturgique. Pâques, chacun le sait, se situe le dimanche qui suit la première lune de printemps.

- Quelques centaines de méridiennes, apparaissent ainsi dans des édifices religieux, en Europe et même en Chine, et permettent aux astronomes de comparer leurs mesures. Ils parlent de Périhélie, de Variation de l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre sur l'Écliptique, de précession des équinoxes, de Nutation, et tentent de déceler des variations qui se manifestent par des déplacements de quelques millimètres par siècle !!!

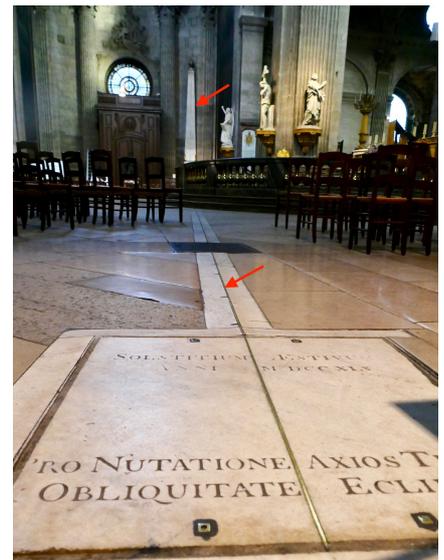
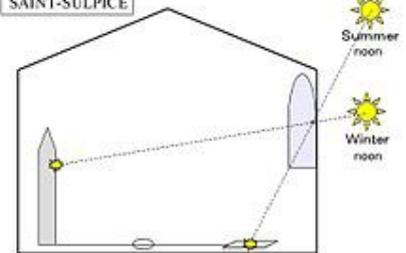
ANALEMME

- Au cours du 18^{ème} siècle, l'heure officielle devient celle de la pendule, mais calée sur l'heure moyenne du soleil. Pour corriger l'heure du Soleil, il faut lui ajouter la correction de **l'équation du temps**, comme à Vairé. Pour effectuer cette correction, l'unique segment horaire rectiligne de la méridienne est remplacé par la courbe en forme de 8. Ici, ce choix est possible et le plus pratique. Henry Sully, chef du projet mourut en 1728, et la méridienne de Saint-Sulpice est une des rares à nous être parvenue inchangée. (photo du haut, montrant aussi le petit obélisque au fond)

- La plupart des autres méridiennes ont bénéficié, à partir de 1730 de cette courbe en 8, par exemple celle de l'hôtel-Dieu de Tonnerre (photo ci-contre) Notez la discrète tache lumineuse bien visible sur la photo, en bas à droite, indiquant midi à la mi-juin.



GNOMON OF SAINT-SULPICE



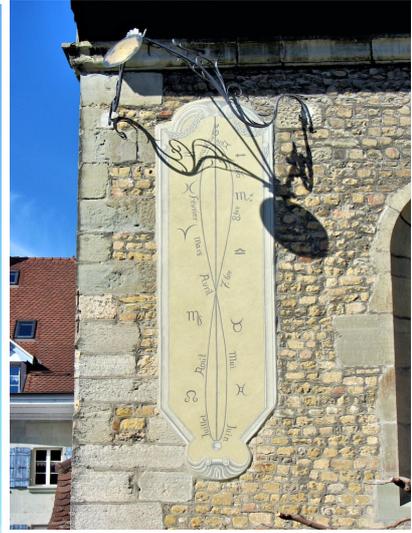


L'analemma peut aussi être tracé judicieusement sur le segment de midi de nombreux cadrans, voire sur chaque segment horaire, comme ici dans la cours d'honneur du Lycée Louis le Grand. (ce qui permet de corriger chacune des heures)

Cette même courbe en huit se retrouve sur ces méridiennes murales construites à l'extérieur de bâtiments publiques ou religieux

Ici à l'Hotel de ville de Rennes, Là sur le mur de l'Église d'Avenches

Une plaque métallique percée d'un œilleton laisse passer les rayons du soleil. Son ombre et le point lumineux central sont visibles par temps bien ensoleillé (photo de droite) Les dates sont repérées par les symboles du zodiaque et les mois correspondants du calendrier grégorien.



- À Tarragone, sur ce cadran cylindrique très avant-gardiste, et monumental, on a tracé l'analemma tous les quarts-d'heure. Mais, la lisibilité de ces lignes courbes entremêlées est malaisée.

- À Butgenbach, le constructeur a juxtaposé deux cadrans, chacun avec une demi courbe reproduite toutes les 5 minutes ; l'un pour être lu au cours du premier semestre et l'autre pour le second semestre ... Résultat l'encombrement est double, mais c'est tellement plus facile à lire. Cette œuvre d'art moderne, en inox, donne l'heure moyenne à la minute près, mais pas la migraine.



La courbe en 8, ainsi tracée sur ces cadrans, permet de corriger automatiquement l'heure. Sur tous les modèles présentés, cet **analemme** apparaît comme le fruit d'une projection lumineuse. (*Litré, dans sa définition évoquait cette notion de projection*)

LE CADRAN ANALEMMATIQUE

Contrairement à ce que le nom pourrait laisser imaginer, il ne s'agit pas d'un cadran avec l'équation du temps intégrée. Les 2 mots ont la même racine, c'est indéniable, mais l'adjectif créé en 1644 par Vaulezard ne dérive pas d'un nom qui ne trouvera son utilité qu'à partir de 1730 !!!

ANALÈME. *Lisez* : Terme de gnomonique. Projection orthographique de la sphère sur le plan du méridien.

† **ANALEMMATIQUE** (a-na-lè-mma-ti-k'), *adj.* Terme de gnomonique. Cadran analemmatique, sorte de cadran horizontal, à style vertical, inventé par Vaulezard, qui a écrit : *Traité de l'origine, démonstration, construction et usages du quadrant analemmatique*, **Émile LITTRÉ. ED. 1877**

contraintes suivantes : pas de traits horaires, mais des points horaires situés sur une ellipse (grand axe est-ouest, l'excentricité étant fonction de la latitude), un gnomon à implantation mobile sur une échelle rectiligne, ou ligne des dates, tracée sur le petit axe nous indique la place du gnomon. La théorie est vérifiable, et, pour ceux qui se contenteront de l'admettre, les calculs sont bien détaillés.

- Généralement installé comme mobilier urbain, c'est l'utilisateur qui fait office de gnomon, et les heures sont matérialisées par des plots en pierre. Et comme tous les autres cadrans il est capable d'une grande précision.

- À Bourg-en-Bresse, ce cadran date de 1517. Vaulezard, y posa ses lois en 1644, j'imagine après avoir revisité le cadran. Il lui donna ce drôle de nom, ayant fait usage de projection orthogonale dans sa démonstration géométrique. En 1756 De Lalande retrouva cette démonstration à la grande satisfaction de la communauté des gnomonistes. Elle est lisiblement présentée aujourd'hui par Wikipedia.

- Lors de la dernière restauration en 1902, une anachronique courbe en 8, évoquant la forme de l'analemme fut ajoutée. Je ne lui ai pas trouvé de justification mathématique. L. Janin lui accorde tout de même de corriger réellement l'heure, mais uniquement durant la courte période qui encadre l'heure de midi. Elle a fait polémique mais pas école, et permit à certains de découvrir ce joyau de la renaissance laissé par Marguerite d'Autriche, à l'origine avec Louise de Savoie de « La Paix des Dames »

<https://articles.adsabs.harvard.edu/full/1970LAstr..84...83J/0000084.000.html>

Il s'agit d'un cadran horizontal, au sol, mais avec un gnomon vertical donc **sciemment** non parallèle à l'axe de la terre. Vaulezard a apporté sa caution à cette exception à la règle, et en contre partie a imposé les



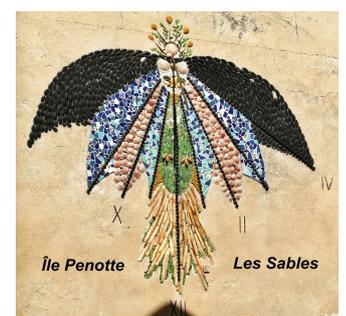
LES CADRANS OUBLIÉS

- Et pour négliger personne, toute une kyrielle d'œuvres hétéroclites, générées par l'art, l'humour, la fantaisie, le plus souvent pleines de charme, ainsi que des versions peu connues, ignorées volontairement ou non dans cette liste qui, initialement, se voulait sommaire.

- Loin des vues initiales de Vaulezard, et sans le trahir, signalons ce dispositif plus qu'inattendu. Conçu par Antoine Parent en 1701, dans le but de servir de boussole. Un cadran analemmatique et un cadran horizontal sont placés sur le même support. Il fut utilisé durant la dernière guerre (*Compas solaire de type Abrams*) pour déjouer les anomalies du champ magnétique terrestre, et la NASA a su l'adapter, pour orienter, à moins de 1 degré près, un sismographe, sur la **planète Mars**, où le champ magnétique est insuffisant pour utiliser une boussole (*projet InSight en mai 2018*)

<https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=ori-001%3A1975%3A33%3A%3A445>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631071318300919>



- De l'occupation romaine, et jusqu'au 14^{ème}, notre nyctémère était divisé en heures inégales : 12 heures de jour égales entre elles, dites « temporaires », la nuit faisant 12 heures elle aussi !!!

14^{ème} - Premières horloges régulées par foliot, avec une **unique** aiguille faisant un tour par 24 h, la main dorée, sur le VI, indique 18h. L'heure ancienne est indiquée par le soleil, sur les courbes dorées avec des chiffres arabes, tracés sur le cadran bleu-ciel. Nous sommes dans la dixième heure de jour. (à Prague)

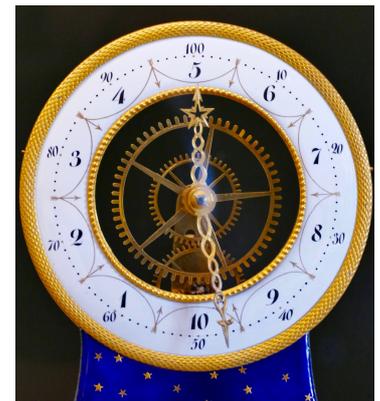
NB À Bourges, un cadran moins coloré, mais moins surchargé, plus lisible, restauré depuis peu, présente les mêmes caractéristiques



- 1657, Première pendule précise avec un balancier. Le cadran solaire reste la référence et les premières horloges servent pour quelque temps encore de **garde-temps** entre deux midis ensoleillés

- 18^{ème}, l'heure moyenne : l'horloge prend progressivement le pas sur les cadrans solaires, et indique l'heure moyenne du lieu. La courbe d'équation du temps trouve son utilité, et se répand à partir de 1730, permettant de corriger l'heure solaire en heure moyenne ; Mais, chaque ville conserve **son** heure.

- 1793 : Décret du 4 Frimaire II, la Convention divise le jour en 10 heures égales, divisées en 100 minutes. Alors que les mois républicains laisseront le souvenir de noms poétiques, cette nouveauté ne sera appliquée que du 1^{er} vendémiaire III au 18 germinal III, puis tombera aux oubliettes. (plusieurs exemplaires sont visible au musée Carnavalet)



- 1891 Uniformisation nationale, rendue impérieuse suite à des accidents ferroviaires. L'heure légale en France est l'heure moyenne de Paris

- 1911 - Vers une uniformisation mondiale : L'heure de référence devient l'heure **GMT**, maintenant heure UTC. La planète est découpée en 24 fuseaux horaires. Dans un monde technologique où l'on ne laisse de place ni à l'ambiguïté ni à la poésie, notre alphabet, amputé des voyelles *I* et *O*, c'est à dire avec les 24 lettres restantes, sert à désigner les 24 fuseaux horaires mondiaux. L'heure mondiale de référence U.T.C. s'appelle désormais l'heure Zulu (ou Zulu Time) chez les militaires !!!

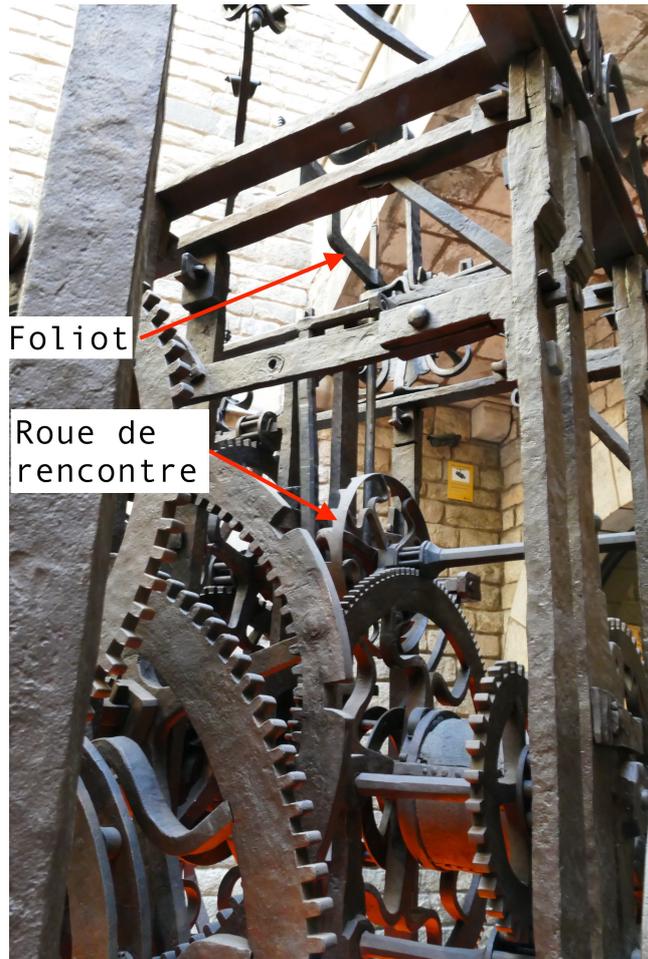
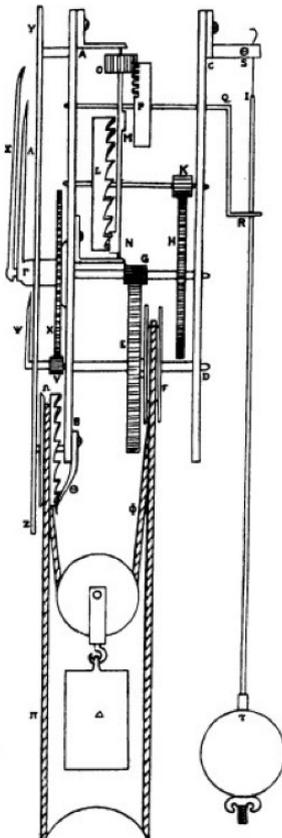
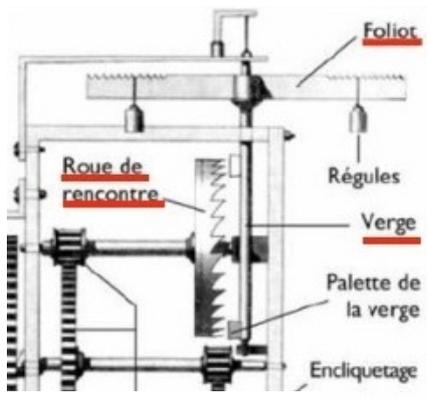
- 1916/06/16 : Création d'une heure d'été, au motif de faire des économies d'énergie, ce qui interpèle Proust, et lui fournit un sujet pour perdre son temps au Trocadero !!!

- 1939-1944 : La France vit des heures sombres. À la libération, j'ai souvenir d'avoir vu la mairie et l'église afficher des heures distinctes, mais sans nostalgie de l'heure ancienne de l'occupant bien entendu. Après cette pagaille, l'heure GMT + 1 devint la règle commune, et sans heure d'été !

- 1967 : La communauté internationale se réfère désormais à l'horloge atomique au césium 133 et sa raie rouge, la pendule de Salomon devient « vintage » après trois siècles de bons et loyaux services

- 1976/03/28 Giscard remet ça, et nous envoie élégamment chercher midi à quatorze heure

En 1657 Huygens s'était adressé à Coster, horloger, ce qui prouve que la corporation existait déjà. L'horloge à foliot avait vu le jour au 14ème, avec une imprécision, sans doute, de quelques minutes par jour. Un mécanisme est exposé près de la cathédrale gothique de Barcelone. Un exemplaire de 5 tonnes, haut de 3 m ressemble plus à un travail de ferronnerie qu'à l'œuvre d'un artisan suisse !!!



- L'ensemble roue de rencontre et verge constitue l'**échappement**. Ce couple sert, non seulement à compter les oscillations du foliot mais aussi à en perpétuer le mouvement tout en faisant TIC-TAC.

- Pour honorer la commande de Huygens, Coster reproduisit ce qu'il connaissait, et remplaça, de son mieux le foliot par un balancier pendulaire. Grâce à cette adaptation sommaire, il égrène, désormais, les oscillations d'un pendule. Signalons l'ajout discret de l'aiguille des minutes. Huygens, fera de nombreuses améliorations. On a souligné son obsession d'optimiser l'isochronisme. Ses travaux, et de nombreux schémas, sont facilement consultables, sur le site **GALLICA** de la **BNF**.

- Immédiatement ou presque, il abandonne ce plan empruntée à l'horloge à foliot, et conçoit une architecture adaptée et spécifique à sa pendule, à peu près ce qu'on retrouve maintenant dans nos vieilles pendules de famille. (pages 84, 103, 104, 105 site BNF et site ENS) . De multiples systèmes d'échappement furent inventés, dont l'échappement à ancre, mais l'ancien survécut dans la vieille comtoise de mon grand-père par exemple.

<http://visualiseur.bnf.fr/CadresFenetre?O=NUMM-77866&I=220&M=tdm>

<https://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadran/Musee/Pages/PagesGr/MuHuygensGr.htm>

Louis XIV sut attirer Huygens en France et lui offrit la possibilité d'imaginer l'horlogerie du 18^{ème} siècle. (Il su parfois favoriser aussi la fuite de cerveaux vers la France.) Le balancier pendulaire allait céder la place au balancier à spirale (*flèche*). De taille réduite, son TIC-TAC devient discret, ample, et surtout si rapide, qu'il ne se laisse plus influencer par les sollicitations extérieures, beaucoup plus lentes, comme le roulis d'un bateau, et même le balancement du poignet d'un homme.



Cette avancée sera ponctuée par la création du chronomètre de marine indispensable à la détermination de la longitude. Ce fut l'objet au 18^{ème}, de tout un « challenge », dont **Harrison** sortit vainqueur et empochera la prime de 20000 £, promise par l'amirauté britannique. Son modèle H4, sera utilisé par **Cook**, dès son second voyage, lui permettant de se positionner à une dizaine de miles marins près. Renversement de situation, autrefois le soleil donnait l'heure du lieu, maintenant, c'est l'heure et le soleil, qui permettent de situer le lieu !!!

(ci contre son modèle (H4) d'une taille de 13 cm de diamètre)



LES DEVISES :

Philosophiques, poétiques, humoristiques, souvent en latin pour faire savant, elles ornent fréquemment sur les murs de nos maisons et mériteraient un inventaire complet

CARPE DIEM : *Profite de ce jour*

TEMPUS FUGIT : *Le temps s'enfuit*

FALLERE NESCIIO : *Je ne saurais tromper*

NULLI FALLAX : *Il ne trompe personne*

La dernière t'est cachée,

Il est toujours temps de ne rien faire ...

Pour les maniaques de la version latine : « SOLI, SOLI, SOLI » ... à vos Gaffiots !!!

<https://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/Promenades/Devises/Devises.htm>

SOURCES D'INFORMATION

- Flammarion a fait une réédition de sa célèbre et historique « Astronomie Populaire » ainsi que 2 éditions actualisées en 1955 puis en 1985 compte tenu de l'emballlement des connaissances
- R Florent : Manuel de la navigation astro – éditions du Pen-Duick
- Jacques Gapaillard et son : Histoire de l'heure en France
- Denis Diderot : réédition de l'encyclopédie, volume horlogerie
- H Jouon, le trop rapide documentaire passé récemment sur la 5 : « la fabrique du temps »

LES SITES INFORMATIQUES : Le site encyclopédique Wikipédia toujours simple et didactique *(que je vous encourage à ne pas oublier en début de chaque automne)*

- Michel Lalos a rassemblé de nombreuses photographies. Le tour de la Vendée où se remarquent les magnifiques réalisations de J Cl Moreau, et même le tour de France avec un panorama complet dans lequel j'ai puisé des clichés représentatifs, sur internet.

http://michel.lalos.free.fr/cadrans_solaires/doc_cadrans/heures.html

<https://forumamontres.forumactif.com/t5866-l-equation-du-temps>

<https://accromath.uqam.ca/2015/10/construire-un-cadran-solaire/>

<https://www.deleze.name/marcel/physique/cadrans-solaires/vertical-mural/maths/maths-vert.pdf>

<https://www.shadowspro.com/fr/cadran->

https://astromontgeron.fr/Cadrans_solaires.pdf

<analemme.html>

<http://www.meridienne.org/atelier/instruments/cadran-analemme/historique/>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Horloge_astronomique_de_Prague