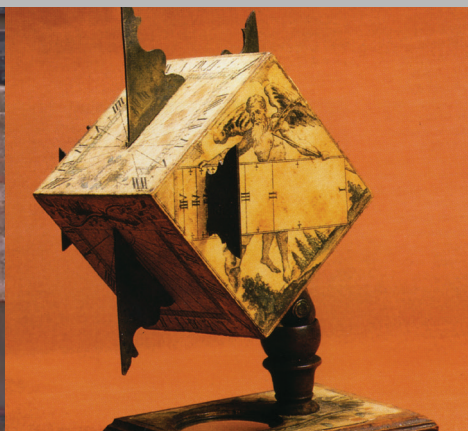


Le temps compté conté

Du cadran solaire à l'horloge atomique, remontons l'histoire du temps...



Sommaire

Le temps compté conté - chronologie

L'histoire de la mesure du temps de l'Antiquité au Moyen-Âge	p.4
La magie des ombres	p.8
Du gnomon au cadran solaire	p.9
Horloges à ombre, noctularbes et astrolabes : le temps des astres	p.10
Quelques types de cadrans	p.12

Le temps compté conté - les premiers outils de mesure du temps

Le temps qui s'écoule	p.14
Les clepsydres : du simple vase gradué à l'horloge tambour	
Les sabliers : le temps s'égrène	p.17
Le temps part en fumée	p.18
La chandelle : éclairage et réveille-matin	p.18
La lampe à huile : un objet souvent raffiné	p.18
L'horloge à feu : connue au pays du matin calme	p.19
Le labyrinthe à encens : utile pour ne pas perdre son temps	p.19

Le temps compté conté - les temps modernes

Les horloges roulent des mécaniques	p.20
Le chronomètre : un rêve de marin comblé au XVIII ^e siècle	p.22
L'atome met la Terre en retard	p.24
Du quartz à l'atome : la course vers la précision	p.24
L'horloge atomique commande le temps	p.26

Le temps compté conté

1/ Avant-propos

Le 9 août 1554, c'est à Roussillon que le roi Charles IX signa l'Édit qui ordonnait que l'année commencât le 1^{er} janvier dans tout le royaume de France.

En 1582, le pape Grégoire XIII fit appliquer cette décision à tous les pays chrétiens.

Dans la ville qui a vu naître le calendrier julien devenu, avec le temps, le calendrier grégorien utilisé dans la plupart des pays du monde quoi de plus logique que de consacrer un livret sur le temps ?

Depuis des temps immémoriaux, l'homme se préoccupe du temps pour fixer les liens nécessaires à toute vie sociale entre hier, aujourd'hui et demain...

Du temps qui passe, du temps à passer à, du temps que cela demande.

Le même homme a le temps, puis ne l'a plus.

Le temps presse, le presse et l'opresse.

Il n'y a pas de temps à perdre, car le temps c'est de l'argent et l'argent, il faut en gagner, comme le temps.

Alors, de temps en temps, l'homme prend son temps et si possible du bon temps.

Car la vie n'est pas que bonheur : il guérit alors ses blessures de l'âme avec le temps.

Parfois, même le temps l'aide à oublier les mauvais moments.

Parfois aussi, il s'ennuie : il tue le temps.

Parfois aussi, il vit à contretemps surtout s'il ne pense pas ce qui est dans l'air du temps.

L'air du temps ou l'ère du temps ?

Le temps régit notre univers.

Plus nous vieillissons, plus nous savons que tout est relatif... comme le temps.

Mais assez bavardé !

Plus une minute à perdre,

découvrons ce livret sans tarder et « temps » mieux si il vous plaît ! ■

Rédaction : Jean-Yves Mouchel.

Illustrations et photographies :
service communication, Ville de Roussillon

Conception : Marie Clot, Karima Achouri.

Photogravure, flashage, impression :
imprimerie Alpha imprim'vert.

Tirage : 1 500 exemplaires.

Téléphone :

Hôtel de Ville : 04 74 29 01 00.

Fax : 04 74 29 01 02.

Réf. : Z/PAO/2013/2013.55.

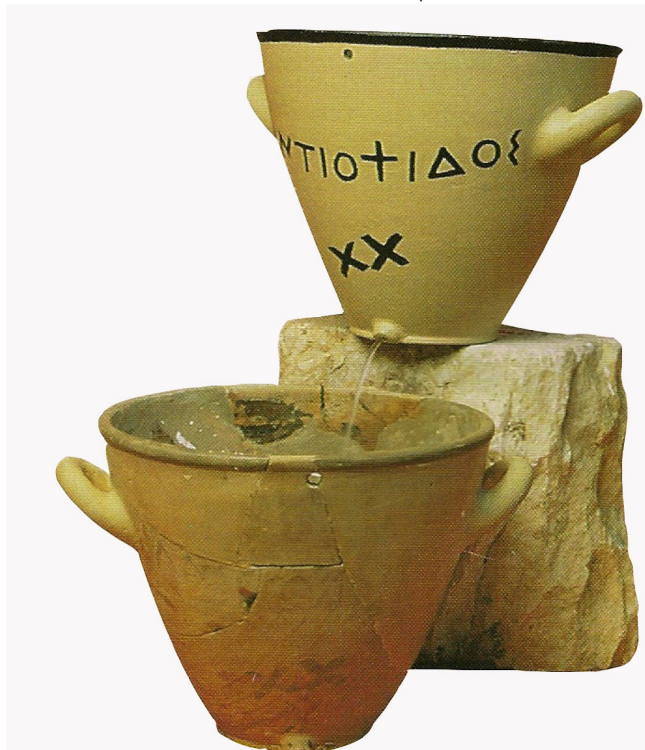
Histoire de la mesure du temps de l'Antiquité à la fin du Moyen-Âge

Principaux événements qui, au cours de l'histoire antique et médiévale, ont influencé l'astronomie, le calcul du calendrier ou la mesure du temps



- ▲ ● **2^e millénaire av. J-C** : Apparition du gnomon, bâton qui permet de mesurer l'ombre portée par le soleil. Il est attesté à Sumer et en Egypte entre -3 000 et -2 000.
- **Vers - 2000** : Apparition de la clepsydre ou horloge à eau.
- **Vers - 1300** : Sorte de cadra dérivé du gnomon. On retrouve cette disposition dans la balance Fézarie d'Aboul Hassan.
- **- 800** : Apparition des horloges solaires
- **- 575** : Un chaldéen nommé Beros introduit en Grèce une horloge solaire en forme de cône évidé.
- **- 545** : Le philosophe et savant grec Anaximandre construit le premier cadran solaire grec.

- **- 400** : Platon introduit en Grèce la première clepsydre.
- **IV^e siècle av. J-C** : Aristote émet l'idée que la Terre n'est peut-être pas plate.



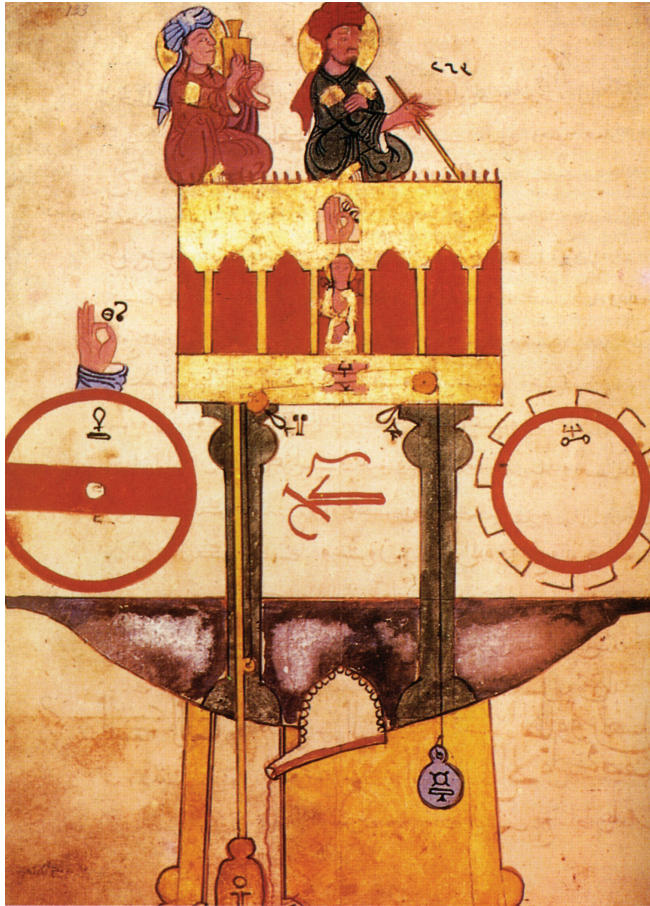
- **- 350** : Aristote mentionne des engrenages, des clepsydes à cadran et à bras, des systèmes actionnés par roue éolienne.

- **III^e siècle av. J-C** : Eratosthène, astronome, mathématicien et géographe grec mesure la circonférence de la Terre en déterminant sur le terrain l'amplitude de l'arc de méridien compris entre Syène (aujourd'hui Assouan) et Alexandrie. Archimède, tué lors de la prise de Syracuse par les Romains (-212) crée ses « sphères mobiles », décrites par Cicéron. Elles mettent en évidence le mouvement du soleil, de la lune et d'autres astres autour de la Terre.

Le savant grec Ktésibios invente l'horloge à eau « clepsydre munie de roues à aubes entraînant des engrenages et indiquant l'heure avec une aiguille unique ».

- **II^e siècle av. J-C** : Aristarque de Samos (-220/-143) est accusé d'impiété : il prétend que la Terre tourne sur elle-même et autour du soleil ! Il est le précurseur de Copernic qui arrivera aux mêmes conclusions 1700 années plus tard...
- **1^e siècle av. J-C** : L'astronome Cléomède fait remarquer que si la Terre était cubique, le jour durerait 6 heures et la nuit 18, si elle était pyramidale, chacun de ses côtés serait éclairé 8 heures. Si elle était plate, le soleil se lèverait partout en même temps. Elle était donc forcément sphérique.

● **1^{er} siècle** : Héron d'Alexandrie, mathématicien et mécanicien grec, dans son ouvrage « Pneumatica » décrit des mécanismes mus par la force de l'eau. Cet ouvrage inspirera les horlogers arabes (dont Am Jazari) et les occidentaux de la Renaissance.



● **850** : Publication des traités arabes sur l'hydraulique à Constantinople.
 ● **IX^e siècle** : Harun Al-Rachid, calif du Bagdad, offre à l'empereur Charlemagne une clepsydre, décrite encore en ces termes au XVII^e siècle : « Une machine qui, actionnée par la force motrice de

l'eau, marque les heures par un nombre approprié de petites boules de bronze qui retombent sur un timbre d'airain ; à midi, 12 cavaliers sortent par 12 fenêtres qui se referment sur eux »...



La tour des vents, construite au 1^{er} siècle par l'architecte Andronikos Kyrresthésios, avait une fonction de girouette, d'horloge à eau et de boussole.

● **An mil** : Le théologien et savant Gerbert d'Aurillac devenu pape sous le nom de Sylvestre II (999-1003) avait des connaissances techniques nécessaires à la réalisation d'une première horloge astronomique. Le chroniqueur français Richer (fin X^e siècle) nous livre que Sylvestre II construit un globe, ainsi qu'une sphère armillaire pour les planètes et une autre pour la marche des étoiles.



● **1120** : La règle des moines cisterciens (ordre religieux de Cîteaux) prescrit aux sacristains de veiller à ce que l'horloge sonne le réveil avant mâtine ».



- **Fin XIII^e siècle** : L'horloge de beffroi apparaît.
- **1271** : Le philosophe et savant Robertus Anglicus écrit : « Les horlogers essaient de fabriquer une roue qui tournera exactement selon le cercle équinoxial ».
- **1276** : Dans le « Libros del Saber Astronomia », à l'intention du roi Alphonse X de Castille, on trouve le schéma d'une clepsydre dotée d'une roue à compartiments remplis de mercure !
- **1284** : Horloge de la Cathédrale d'Exeter (Angleterre).
- **1292** : Horloge de la Cathédrale de Canterbury (Angleterre). ▼



- **XIV^e siècle** : Les horloges de clocher prolifèrent dans les villes, chaque cité veut la sienne, qui doit être plus belle que celle des autres !
- **1321-1325** : Horloge de tour à cadran astronomique bâtie par Roger Stoke pour la cathédrale de Norwich.
- **1330** : Richard Wallingford, abbé de Saint Albans (Angleterre) travaille 30 années durant à la mise au point d'une horloge astronomique pour l'église de son monastère.
- **1137-1339** : Première représentation connue d'un sablier (fresque au palais public de Sienne).
- **1364** : Giovanni di Dondi, professeur de médecine, de philosophe, d'astronomie et de logique utilise le bronze, métal répandu, pour construire une horloge astronomique. On lui doit notamment l'horloge de Padoue (1344).

- **Entre 1364 et 1370** : À la demande du roi de France, Charles V le Sage, l'horloger allemand, Henri de Vic, consacre huit années de sa vie à construire la première horloge publique au Palais Royal à Paris.
- **XV^e siècle** : Apparition des horloges de table (avec énergie dispensée par un ressort lové sur lui-même).
- **Vers 1460** : Bartoloméo Mandredi et Lorenzo de la Volpaia inventent la première montre en Italie.

Source :

*La mesure du temps au Moyen-Âge
centre de développement en art et culture médiévaux.
<http://cdacm.free.dotemps1.html>*



◀ L'horloge de Padoue

Lexique :

Sphère armillaire :

globe formé d'anneaux ou de cercles représentant le ciel et les astres d'après l'ancienne astronomie.

Cercle équinoxial :

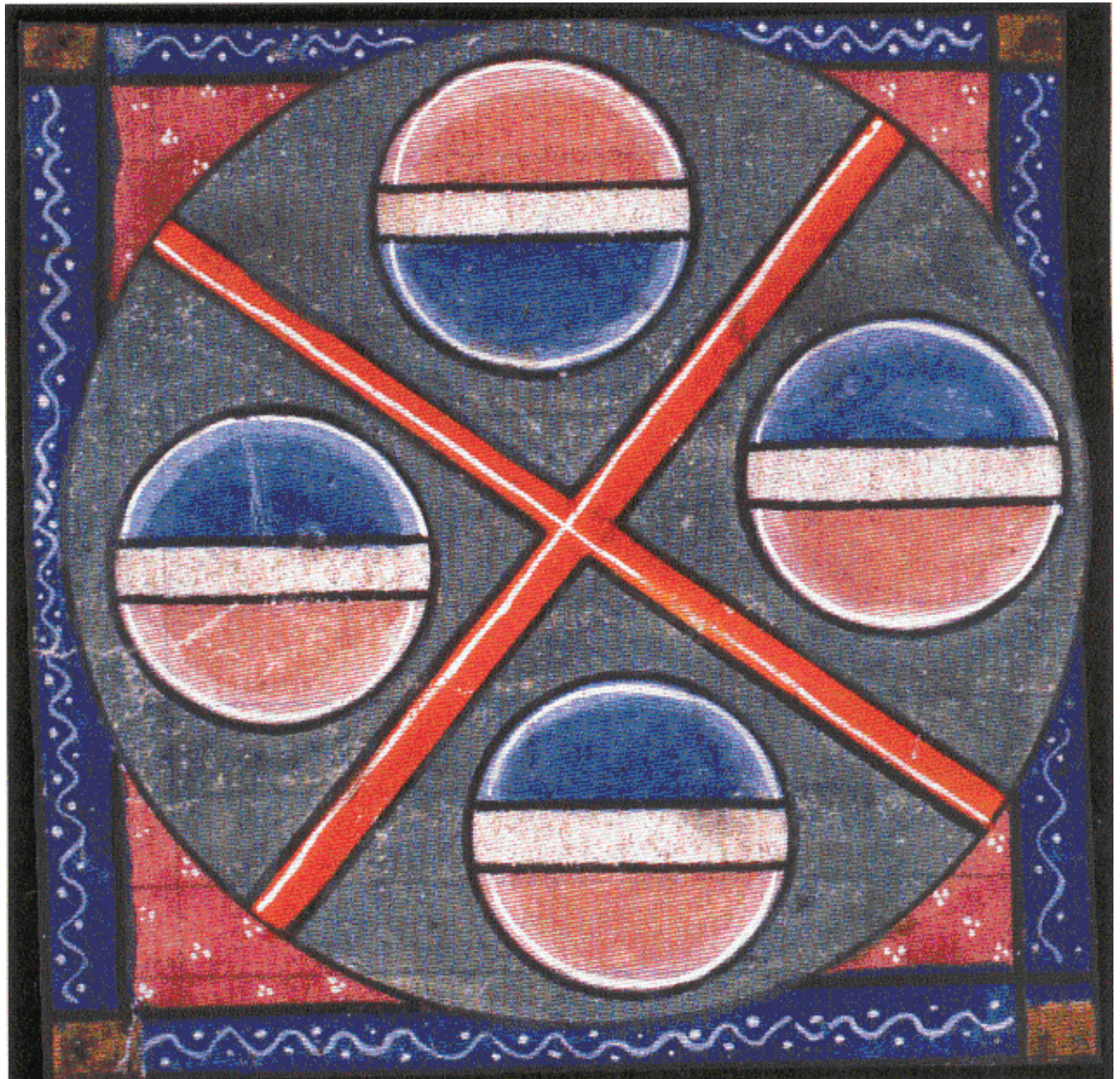
sur cette enluminure du XII^e siècle, la croix Saint André partage la Terre en quatre points cardinaux et les couleurs (rouge ou bleu) indiquent le jour et la nuit.

L'Est et l'Ouest sont semblables, le Nord et le Sud différents.

Il semble que les deux hémisphères (de part et d'autre de la ligne équinoxiale) soient opposés par le jour et la nuit, ce qui est assez curieux.

La compréhension totale de cette enluminure est encore imparfaite.

(Le concept d'espace - Hervé Regnauld)



▲
Cercle équinoxial

La magie des ombres

Dès qu'il fut en mesure de l'observer, la régularité cyclique du temps ne manqua pas d'intriguer l'Homme. Sur tous les continents, un tel phénomène ne pouvait être que l'œuvre des dieux.



Le célèbre site de Stonehenge (Angleterre méridionale) : la foule y assiste nombreuse au lever du soleil notamment lors du solstice d'été.

Mais quoi de plus difficile que d'appréhender le temps ? Les sens de l'être humain s'ils peuvent estimer le poids, le volume, les dimensions, les caractéristiques d'un objet ou d'un être vivant ne permettent pas d'évaluer le temps qui passe. Des expressions, telles que « le temps fuit », montrent à quel point le temps, impassible, traverse les âges sans discontinuité... même si les méthodes de mesures actuelles semblent le morceler.

Dès 4800 av. J-C, l'homme tente de mesurer le temps. Les astronomes égyptiens après avoir observé la régularité des cycles lunaires, décomptaient des périodes de temps par équinoxes. Auparavant, l'homme préhistorique avait déjà constaté que le soleil projetait des ombres de longueurs

différentes au fur et à mesure de l'écoulement de la journée. Toutefois, ce phénomène naturel ne fut utilisé pour mesurer le temps que 2000 ans environ av. J-C.

Observateur attentif, l'homme remarque bientôt que la nature recélait d'autres manifestations dont le déroulement était si uniforme qu'elles pouvaient être utilisées pour mesurer le temps.

Les premières constructions allorchitecturales (le dolmen, le menhir en Bretagne, l'obélisque en Égypte) répondent à des préoccupations diverses : tombes, lieux de culte, repères pour voyageurs, repères astronomiques. Quand l'ombre du soleil ou de la lune tombe à un instant donné en un lieu précis, le phénomène est étroitement associé à la religion.



Chez les Mayas (-1600 av. J-C. à + 1500) et les Aztèques (du X^e au XV^e siècles), les prêtres sont à la fois des hommes de sciences et des astronomes émérites. Les calendriers qu'ils ont conçus, illustrés de divinités, s'avèrent bien plus précis que leurs homologues européens.



▲ Clocher des Maures place St-Marc à Venise.
Le gnomon a été utilisé par toutes les civilisations.
On le trouve sur tous les continents : en Afrique, en Asie et en Amérique.
Quant aux clochers de nos églises, ne peut-on pas les assimiler à des gnomons géants ?

Du gnomon au cadran solaire

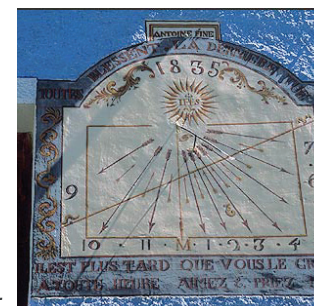


▲ Cadran solaire de poche fermé... ..et ouvert, avec corps en ivoire et boussole.

L'ancêtre du cadran solaire : le gnomon

Le gnomon (en grec « connaître ») est un simple bâton planté à la verticale dans le sol. La longueur de l'ombre permet de repérer l'heure au soleil. Le gnomon le plus ancien connu est chinois et remonte à 2400 avant J-C.. Bien qu'imprécis, il fut utilisé jusqu'au Moyen-Âge. En effet, la longueur et la direction de l'ombre varient selon les saisons en fonction de la position du soleil au-dessus de l'horizon. Ainsi, l'ombre la plus courte de l'année correspond au solstice d'été (le 21 juin dans l'hémisphère Nord) alors que la plus longue indique le solstice d'hiver (le 21 décembre).

Le gnomon fut longtemps utilisé par les astronomes. La Nasa la très célèbre agence spatiale américaine, a recouru au gnomon pour orienter les instruments de mesure posés sur le sol lunaire.



◀ Cadran solaire du Queyras.
Selon la Société astronomique de France, notre pays compterait encore 17 762 cadrans solaires. Les artisans qui les réparent ou les créent, les cadraniers, autrefois très nombreux, ne seraient plus aujourd'hui qu'une douzaine.

Le cadran solaire : le premier portable ?

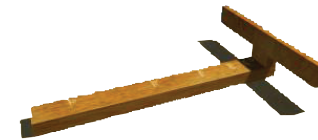
Connu lui aussi de toutes les civilisations, le cadran solaire serait cependant né en Egypte vers 1500 av. J-C. Il présente cependant un défaut majeur : la durée des jours et donc des heures varie selon les saisons. Le cadran solaire n'a pas toujours compté 12 graduations. Au Moyen-Âge, les cadrans ne comportaient souvent que 4 traits. Le premier et le dernier correspondaient au début et à la fin de la journée de travail alors que le deuxième et troisième, plus rapprochés, déterminaient la durée de la pause ! Le cadran solaire a orné longtemps toutes les églises avant d'être remplacé (ou rejoint) par l'horloge. Sa précision fut améliorée par les Arabes au XIV^e siècle : en inclinant la tige du cadran selon la latitude du lieu, l'heure indiquée devint fiable. Ainsi, des cadrans solaires portatifs furent au point. Certains d'entre eux comportaient une boussole afin de les orienter correctement. Parfois, un cadran solaire était gravé sur le couvercle du boîtier de la montre afin d'en faciliter la remise à l'heure !

Horloges à ombre, nocturlabes et astrolabes : le temps des astres

Les horloges à ombres : inutilisables en début et en fin de journée

L'horloge à ombre est l'intermédiaire entre le gnomon et le cadran solaire à plan incliné. Elle serait apparue en Égypte au cours de la XVII^e dynastie soit vers 1650 avant J.-C. Appelés « setchat » ou « merkhet » (littéralement instrument de connaissance), ces appareils ressemblaient à une règle coudée à angle droit (un T en quelque sorte, voir ci-contre). Pour connaître l'heure, on mesurait la longueur de l'ombre de la petite branche projetée sur le plat de la grande. Par contre, les deux premières et les deux dernières heures du jour n'étaient pas mesurées ; l'ombre projetée étant trop longue.

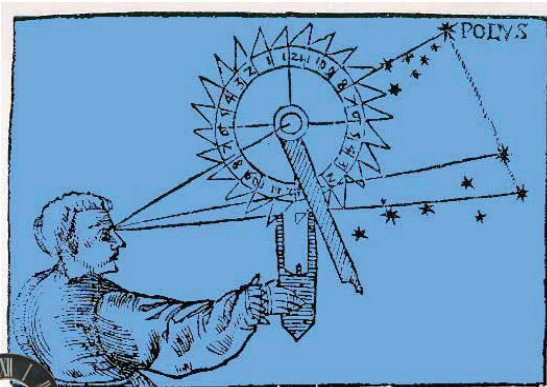
Pour remédier à cet inconvénient, la partie plate fut remplacée par un plan incliné. Le gain de précision obtenu permit la lecture des minutes. ▼



Le nocturlabe : le temps des étoiles

Si le cadran solaire permet de mesurer le temps le jour, comment faire la nuit ? La lune n'est pas toujours visible et souvent, elle ne l'est que partiellement. Il lui est donc difficile de projeter des ombres. Heureusement, il reste les étoiles qui tournent en 24 heures autour d'un point fixe : l'étoile polaire. Le nocturlabe, serait apparu au début du X^e siècle. Il fut utilisé jusqu'au XVIII^e siècle notamment par les navigateurs pour lire l'heure en mer. En se servant de l'étoile polaire comme point de mire au centre avec la règle que l'on alignait sur deux

étoiles de la Grande Ourse, les marins pouvaient connaître l'heure grâce au positionnement des étoiles de la Grande Ourse. Pour ce faire, les navigateurs utilisaient une carte tenant compte des positions des étoiles à chaque saison. L'heure mesurée s'appelle l'heure sidérale qui présente un jour d'écart avec l'heure solaire. Pour corriger cette différence le nocturlabe possède une grille de correspondance entre le temps sidéral et le temps solaire.



◀ La dent de minuit était placée face au jour du mois de l'observation. En tenant l'instrument à bout de bras, on visait l'étoile polaire au travers du trou central. Il suffisait alors de déplacer l'adilade (le grand manche qui dépasse sur les photos) jusqu'à ce qu'elle semble venir toucher l'étoile prise en référence. Il suffisait alors de lire l'heure sur la plaque centrale à l'endroit où s'était positionnée l'adilade. (source http://www.louisg.net :mesure_temps3.htm)



◀ Le nocturlabe se compose de deux ou trois plaques circulaires. La plus grande comporte une poignée qui permet de le tenir verticalement. On peut y lire les gravures du nom des mois et quelquefois les signes du zodiaque. La plus petite plaque compte 24 dents qui correspondent aux heures. La plus grande de ces dents correspond à minuit.

Un preneur d'étoiles, efficace de jour comme de nuit : l'astrolabe

L'astrolabe connaît un grand succès dans les mondes musulman et chrétien. En effet, il permet de mesurer le temps aussi bien le jour que la nuit. Décrit pour la première fois par Jean Philopon d'Alexandrie (475-565 après J.-C), il est amélioré par les Arabes au VIII^e siècle : grâce aux perfectionnements apportés, il est maintenant possible de déterminer la direction de la Mecque et les heures de prière. Il parvient en Europe via l'Espagne grâce à Gerbert d'Aurillac qui

devient le pape Sylvestre II en 999. L'astrolabe universel est décrit par Al-Zarqalluh de Tolède dès le XI^e siècle. C'est à ce siècle et au suivant qu'il atteint son apogée. Les progrès de l'horloge mécanique le font disparaître progressivement en Europe au XVIII^e siècle. Par contre, il est utilisé dans les pays musulmans jusqu'au XX^e siècle (Mosquée de Fez).



Astrolabe du XVI^{ème} siècle. Cuivre doré, 23 cm de diamètre, 2,5 cm d'épaisseur.

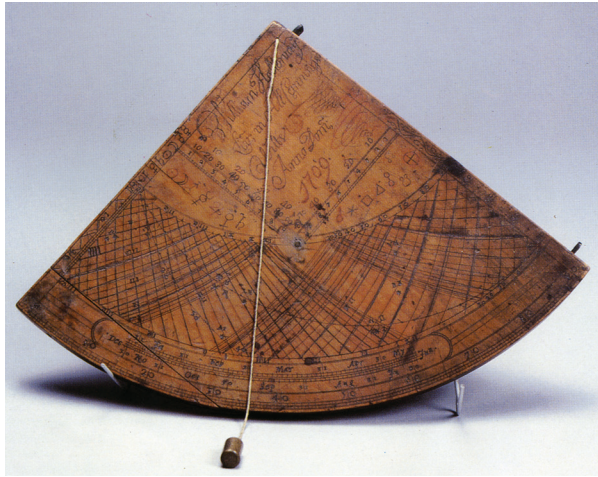


▲
Astrolabe français du XV^e siècle (partie recto en haut, verso en bas). Fabriqué par le chanoine de Reims Jean Fusoris (1365-1436), auteur de plusieurs traités sur l'astrolabe, son diamètre n'excède pas 16 cm.

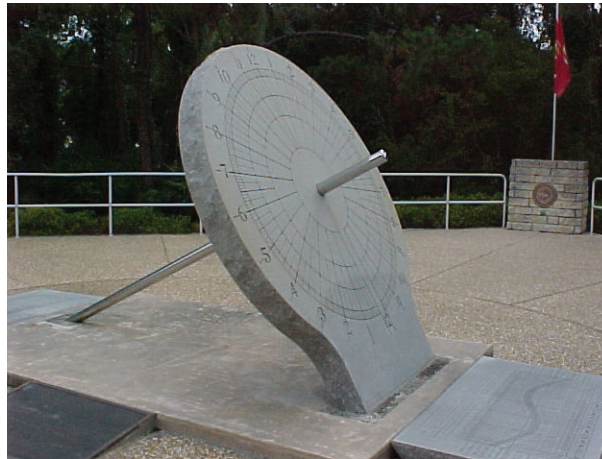
Quelques types de cadrans

Si son principe n'a pas changé durant des siècles, le cadran a servi à différentes utilisations et de nombreuses variétés existent.

Les cadrans de hauteur :



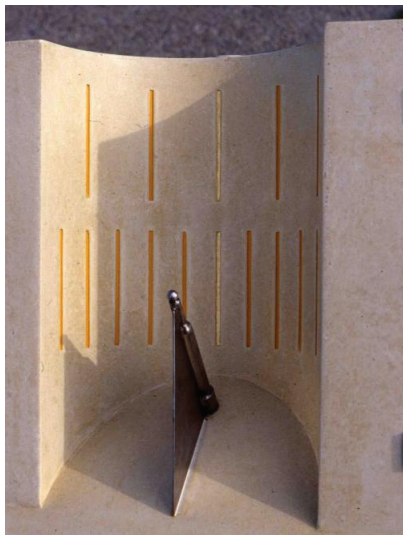
Un cadran astronomique datant de 1709



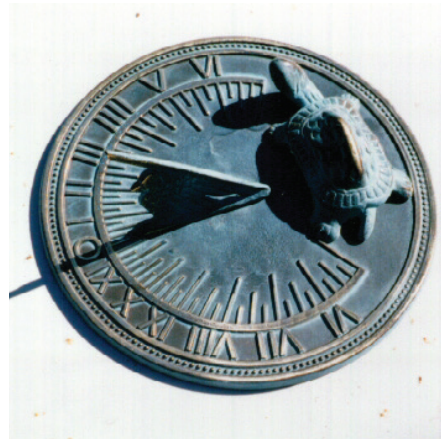
Les gnomons (en équerre, comme ceux des égyptiens).



Les cadrans de hauteurs verticaux portant l'ombre sur un plan vertical.

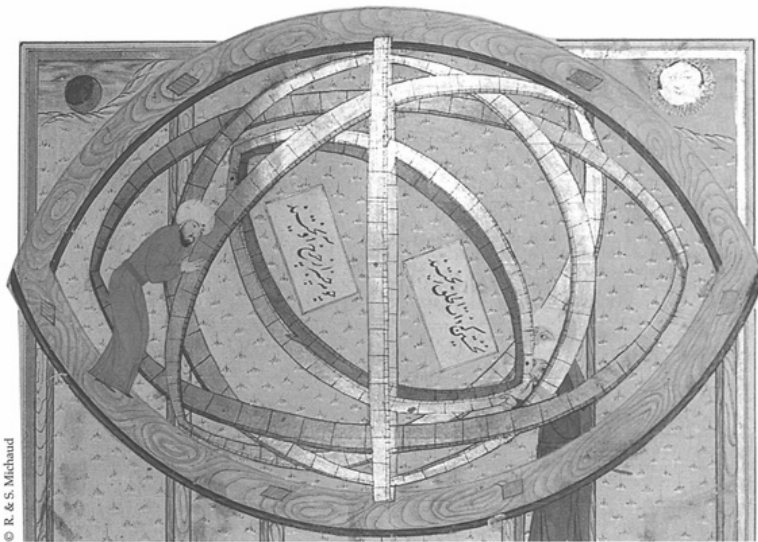


Les cadrans creux

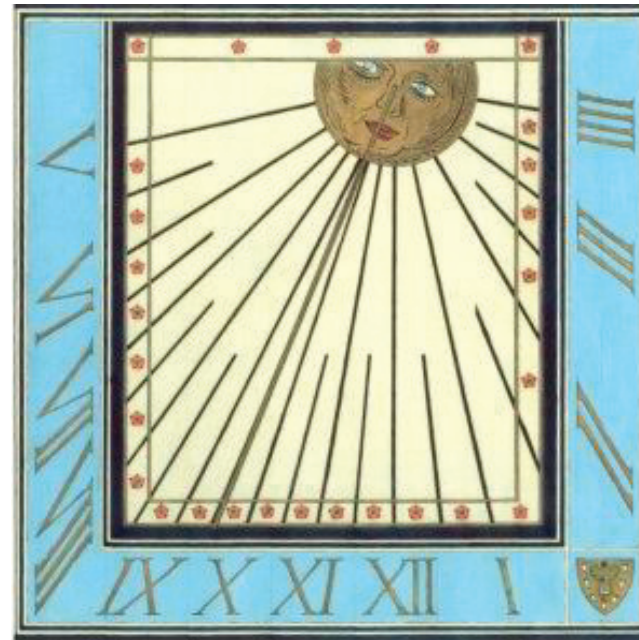


Les cadrans horizontaux portant l'ombre sur un plan vertical.

Les cadrans de direction :



Cadran horizontal à style-axe



Cadran vertical à style-axe



Cadran solaire analemmatique de Vienne.
Une personne se positionne sur la graduation correspondant à la date du jour.
Son ombre portée et prolongée jusqu'à l'ellipse donne l'heure solaire.

Le temps qui s'écoule

Les clepsydres : du simple vase gradué à l'horloge à tambour

La clepsydre permettait de mesurer le temps sans être tributaire du soleil. Son nom vient du grec Klepsydia qui signifie voleur d'eau parce qu'un récipient récepteur « volait l'eau » d'un récipient donateur.

Ses origines sont estimées de 3000 ans av. J-C à 1500 av. J-C. Connue de toutes les grandes civilisations (Grèce, Mésopotamie, Chine, Amérique centrale...). Elle est utilisée jusqu'au XVIII^e siècle (clepsydre à tambour). Le principe d'utilisation en est simple : un récipient gradué, percé d'un trou à sa base est rempli d'eau : l'eau s'écoule dans un second récipient. Le niveau du liquide dans le premier ou le second vase indique le temps écoulé. Cependant, la fiabilité de la clepsydre laisse à désirer car elle présente à l'origine plusieurs défauts corrigés au fil des siècles :

- À un même endroit, la durée du jour varie selon les saisons : le jour est plus long en été qu'en hiver. Les graduations à l'intérieur de la clepsydre doivent tenir compte de ce phénomène naturel.
- La vitesse d'évacuation de l'eau varie selon sa température et la pression à laquelle elle est soumise (plus la hauteur du récipient est importante plus l'eau s'écoule vite, plus la quantité d'eau contenue dans le vase est importante, plus le débit est important).
- L'orifice d'évacuation peut être soit bouché par des impuretés, soit au contraire agrandi du fait de l'érosion.

Les Égyptiens y remédient partiellement en donnant à la clepsydre une forme évasée et non plus cylindrique. L'emploi de matériaux durs limite les phénomènes d'érosion du trou d'évacuation. Reste à régler la question primordiale de la pression : l'ingénieur grec Ktésibios d'Alexandrie (vers 270-200 av. J.C.) réussit à la rendre constante en plaçant un troisième vase, toujours rempli de la même quantité d'eau entre les deux existants. Le débit vers le dernier vase ne varie plus : la durée entre deux graduations non plus. La clepsydre est maintenant fiable mais si elle peut mesurer une durée, elle dépend toujours du cadran solaire pour donner l'heure. L'association des deux outils donne naissance à l'horloge à eau astronomique.

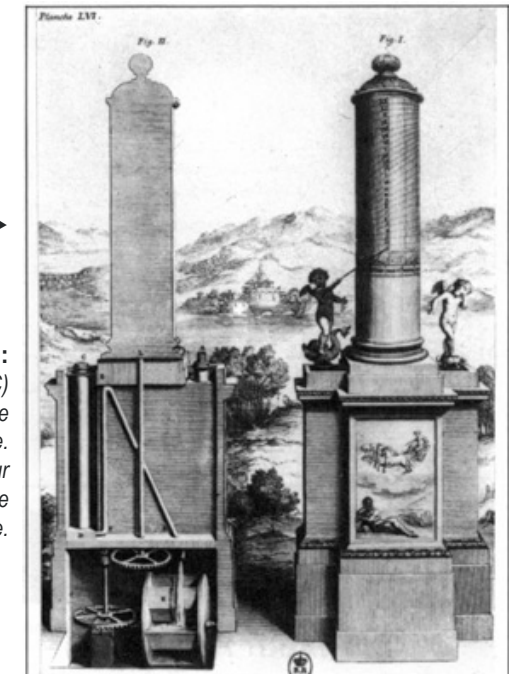


◀ **La clepsydre de Karnak :**
Contemporaine du règne d'Aménophis III (-1408 -1372), elle est la clepsydre la plus vieille retrouvée à ce jour. Elle est conservée au musée du Caire. Ses parois intérieures portent des graduations : les 12 mois de l'année, les 12 « heures » du jour et de la nuit etc...



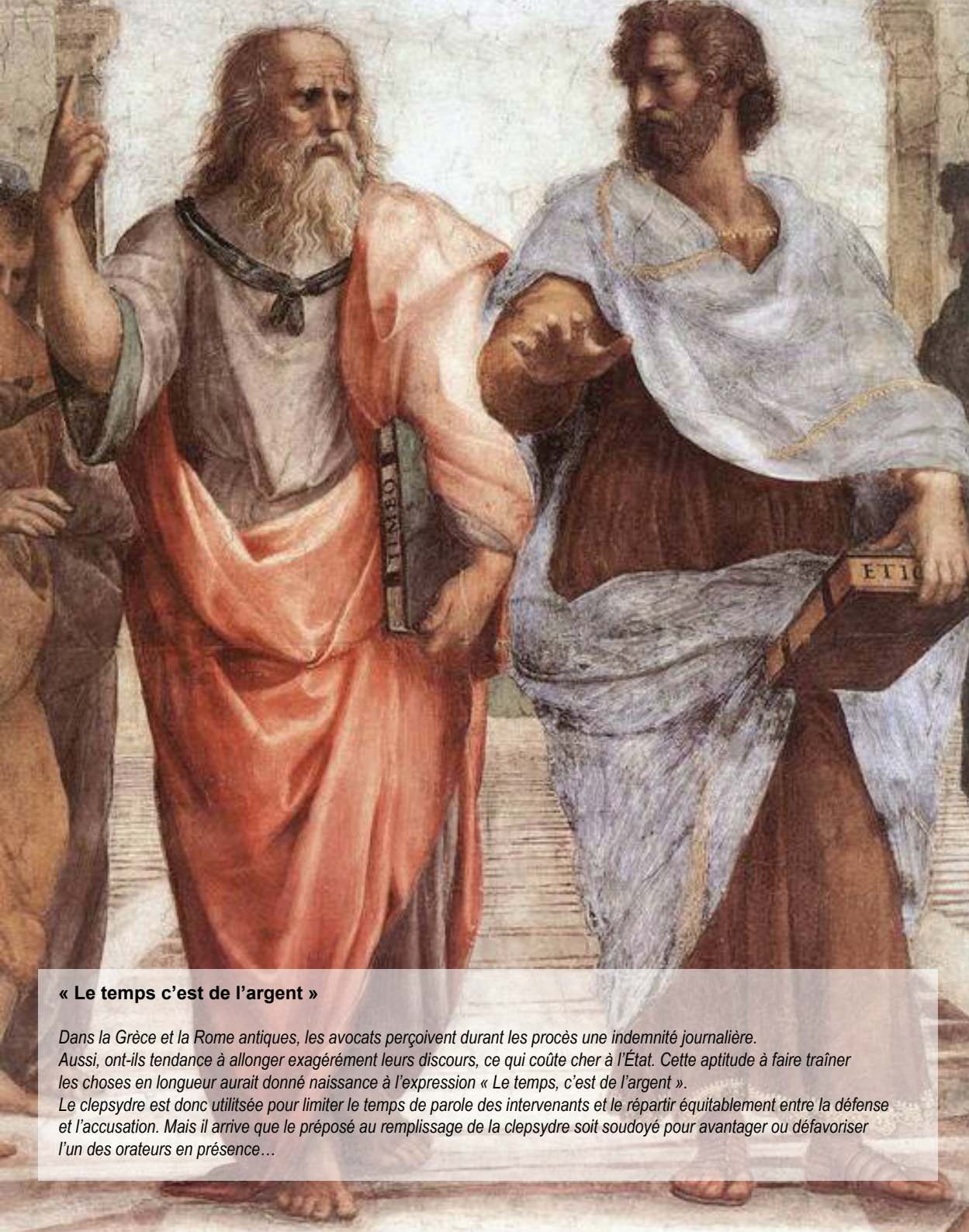
◀ **Ktésibios (ou Ctésibios) d'Alexandrie :**

Le père de l'hydraulique. Outre les améliorations apportées à la clepsydre, l'humanité doit à ce brillant ingénieur l'invention du canon à eau, du monte-charge hydraulique et surtout de l'orgue. Ktésibios préfère la pression de l'eau (hydros) à celle de l'air pour faire sonner des flûtes (aulos). L'instrument qu'il crée s'appelle l'hydraule.



▶ **Une autre merveille d'Alexandrie :**

L'horloge de Ktésibios (III^e siècle av. J-C)
Les lignes indiquant les heures sont gravées sur une colonne, qui en un an, tourne une fois sur elle-même.
Les yeux de l'un des personnages, juché sur un flotteur, monte ainsi le long de la colonne et montre l'heure de sa baguette.



« Le temps c'est de l'argent »

Dans la Grèce et la Rome antiques, les avocats perçoivent durant les procès une indemnité journalière. Aussi, ont-ils tendance à allonger exagérément leurs discours, ce qui coûte cher à l'État. Cette aptitude à faire traîner les choses en longueur aurait donné naissance à l'expression « Le temps, c'est de l'argent ».

Le clepsydre est donc utilisée pour limiter le temps de parole des intervenants et le répartir équitablement entre la défense et l'accusation. Mais il arrive que le préposé au remplissage de la clepsydre soit soudoyé pour avantager ou défavoriser l'un des orateurs en présence...

1092 : l'horloge de Su Song ou le premier système à échappement connu.

Le chinois Su Song construit au palais impérial de Khaifeng une immense horloge astronomique de 9 mètres de haut comprenant trois étages. Animée par des automates, elle met en mouvement un globe céleste et une sphère armillaire synchronisés avec les étoiles, la lune et le soleil. Mais là n'est pas son intérêt majeur : au centre de l'horloge, une grande roue laisse échapper « une dent » qui, à chaque impulsion, se traduit par le remplissage d'un godet.

Ainsi, un écoulement d'eau continu entraîne le mouvement discontinu de la roue.

Ce système d'échappement se répandra seulement au XIV^e siècle alors que son invention serait due à deux Chinois en 723, le moine bouddhiste Yi Xing et l'ingénieur Liang Ling-Tsan.

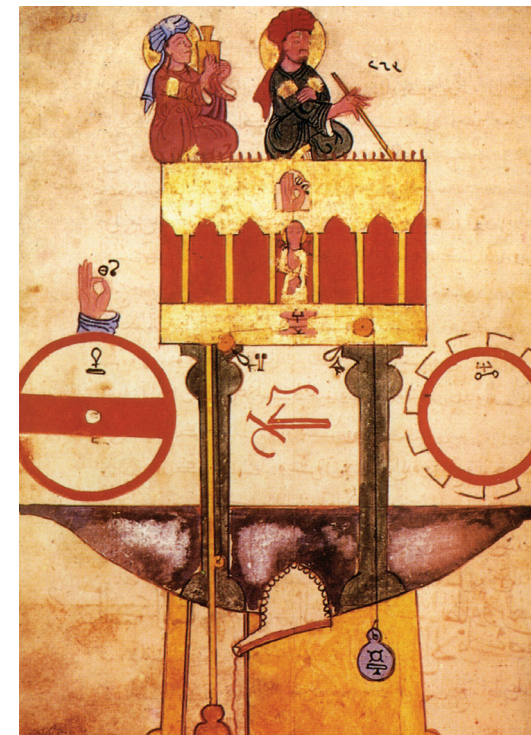
Quant à l'horloge de Su Song, elle est démontée et emportée à Pékin par les envahisseurs mongols en 1126. Elle est finalement détruite au XIV^e siècle lorsque les Ming fondent leur dynastie (1368-1644).



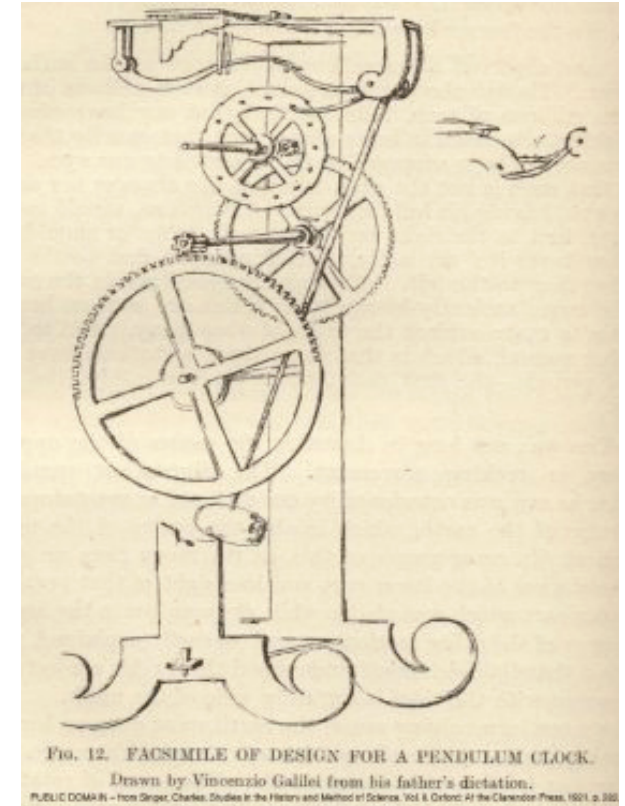
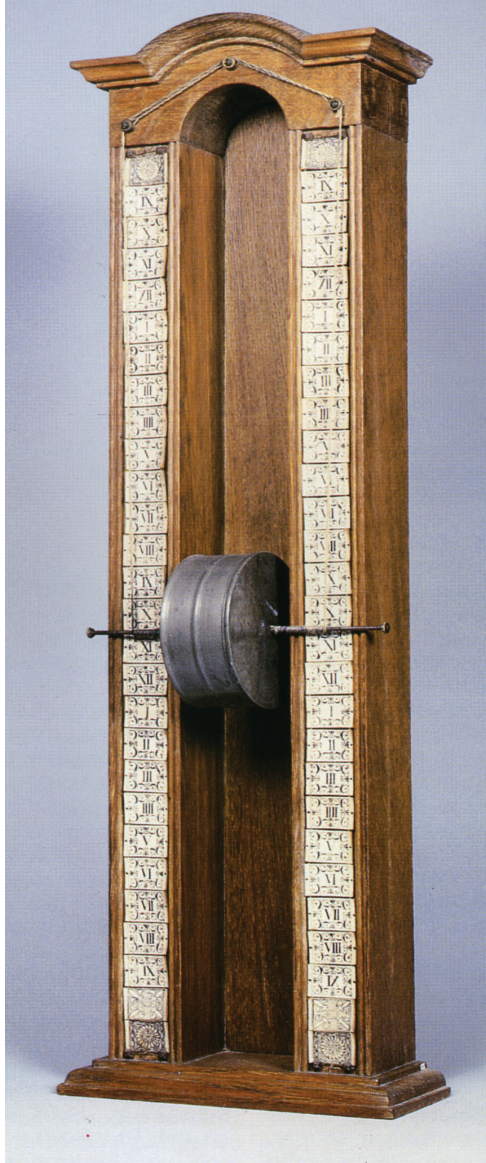
Al Jazari (1206), le maître incontesté des horloges hydrauliques à automates.

Les progrès en hydraulique permettent la construction d'horloges de grande taille embellies par la présence d'automates.

À la fin du XI^e siècle, le traité consacré aux automates, vaut à son auteur, le savant mésopotamien al Jazari gloire et renommée.



Le temps compté conté - les premiers outils de mesure du temps



▲ **1610 : Galilée expérimente les principes hydrauliques pour mesurer le temps.**

Quant à la mesure du temps, nous la fîmes à l'aide d'un grand seau plein d'eau d'où sortait, par un fin tuyau soudé sur le fond, un mince filet d'eau reçu dans un petit verre durant tout le temps de la descente de la boule. Les quantités d'eau recueillies étaient pesées chaque fois sur une balance très exacte donnant par la différence et la proportion de leur poids la différence et la proportion des temps. »

▲ **Clepsydre à tambour (XVIII^e siècle – Musée de Besançon).**

Le tambour comprend six compartiments à l'intérieur desquels circule une même quantité d'eau. Lorsque le premier compartiment est plein, l'eau s'écoule dans le compartiment inférieur et ainsi de suite. Le poids du volume d'eau entraîne le tambour vers le bas de l'horloge. La position de l'axe du tambour indique l'heure, celle-ci étant gravée sur l'horloge (journée divisée en 24 heures égales).

Lexique :

Sphère armillaire :

globe formé d'anneaux ou de cercles représentant le ciel et les astres.

Les sabliers : le temps s'égrène

Dénomme tout d'abord « orloge » puis « horloge à salon », l'origine du sablier remonterait au XIV^e siècle : il figure en 1379 dans un inventaire du mobilier de Charles V, roi de France. Il est également représenté sur une fresque du peintre Lorenzetti qui décore la Sala dei Novo du Palazzo Publico à Sienne en 1338.

Le sablier présente un avantage indéniable sur le cadran solaire et la clepsydre : pour remplir son office, il n'est pas tributaire des conditions météorologiques. Si le ciel est nuageux, si l'eau gèle, ni le cadran solaire, ni la clepsydre ne peuvent fonctionner. Le sable emprisonné, lui, ne s'humidifie pas : le sablier est donc opérationnel par tous les temps.

Mais à quoi sert-il sinon à mesurer de courtes durées, des heures ou des fractions d'heures. Il est notamment utilisé dans la marine, soit pour déterminer les quarts, soit, associé au loch, pour calculer la vitesse du navire. De nos jours, il demeure modestement indispensable à la cuisson des œufs à la coque.



▲ Sur la fresque peinte par Ambrogio Lorenzetti au Palazzo Publico de Sienne, on peut voir un personnage tenir un sablier, symbole de tempérance (modération dans tous les plaisirs des sens). Luther aurait recommandé l'usage du sablier aux prédicateurs afin qu'ils limitent la durée de leurs sermons. Dans les Flandres, le sablier, accroché au mur des classes, indique la durée de l'exercice ou de la leçon.

C'est sa fabrication qui posa longtemps problème : il faut attendre 1780 pour savoir fabriquer des ampoulettes d'une seule pièce avec une fiole à deux renflements. Jusqu'alors les deux parties du sablier sont reliées par un diaphragme scellé à la cire.

Il faut également que la pente de l'orifice soit rigoureusement calculée. C'est chose faite en 1725 : le mathématicien suisse Daniel Bernoulli gagne le concours lancé à cette fin par l'Académie royale des Sciences de Paris.

Lexique :

Quart :

période de quatre heures (autrefois de six heures) pendant laquelle l'équipage d'un navire est de service à tour de rôle.

Loch :

appareil servant autrefois à mesurer la vitesse d'un bâtiment. Il s'agissait d'une planche immergée au bout d'une ligne marquée de divisions, souvent une corde hérissée de nœuds à intervalles réguliers (15,43 m).

Le nœud est toujours une unité de vitesse pour les navires et les avions correspondant à un mille marin à l'heure (1852 m soit la 60^e partie d'un degré de latitude).

Le temps part en fumée

Le temps de combustion de tel ou tel matériau étant connu, il est possible de déterminer le temps passé avec quelques repères.

La chandelle : éclairage et réveille-matin

Utilisée de longue date pour s'éclairer la nuit, l'usage de la bougie à des fins de mesure du temps serait due à Alfred le Grand (849-859), roi du Wessex, royaume saxon fondé au sud de l'Angleterre au V^e siècle. La chandelle graduée permet la lecture de durées courtes : heures de travail, de prière ou de sommeil.

Parfois, des billes sont insérées dans la cire. Libérées à un moment donné de la combustion, elles tombent dans une coupe métallique, réveillant ainsi les dormeurs. De nos jours, la bougie est toujours utilisée lors de certaines ventes aux enchères : la mise à prix s'arrête à l'extinction de la bougie.



La lampe à huile : un objet souvent raffiné

Son usage s'est répandu en Occident au XVIII^e et XIX^e siècles. Une mèche est allumée permettant ainsi la combustion de l'huile contenue dans un réservoir. Sur ce dernier, figurent des graduations gravées ou peintes. Le niveau de l'huile permet de lire le temps écoulé. ▼



L'horloge à feu : connue au Pays du matin calme

Les Chinois l'utilisent du VI^e siècle avant J-C au XVIII^e siècle. Elle est constituée d'un objet creux en laque en forme de dragon.

Celui-ci reçoit un bâton d'encens supporté par des fils de fer. L'heure est indiquée par la combustion lente et régulière de l'encens.

L'horloge à feu peut également servir de réveille-matin : un fil muni de poids à ses extrémités chevauche le dragon à l'endroit correspondant à l'heure de réveil voulue. Quand la flamme atteint cet endroit, elle brûle le fil et libère les poids qui tombent et résonnent dans une coupe de métal. ►



Le labyrinthe à encens : utile pour ne pas perdre son temps

Une grille en forme de labyrinthe est posée sur un support creux alors rempli de poudre d'encens. La grille est enlevée et le feu mis à une extrémité du labyrinthe. Lorsque tout l'encens a brûlé, le temps correspondant est écoulé. Il existait certainement différentes grilles conçues en fonction de durées déterminées. ◀

Les horloges roulent des mécaniques

Origine et étymologie :

Nul ne connaît l'inventeur de l'horloge mécanique. Ce qui est certain c'est que les premières horloges mécaniques apparaissent à la fin du XIII^e siècle notamment en Angleterre :

- au prieuré Dunstable à Londres en 1283,
- à la cathédrale d'Exeter en 1284,
- à la cathédrale St-Paul à Londres également en 1286,
- à l'église de Canterbury en 1292.

Elle se répand durant le XIV^e siècle dans toute l'Europe. Elle est ignorée par les civilisations islamique et chinoise qui lui préfèrent peut-être d'autres technologies comme l'hydraulique.

Son nom serait issu du latin horologium, du grec hôrologion qui signifie « ce qui indique l'heure ».

Au XII^e siècle, on dit, au masculin, un oriloge ou encore un orloge, le « h » ne reviendra que plus tard.

Le principe

Les horloges mécaniques comportent quatre pièces essentielles :

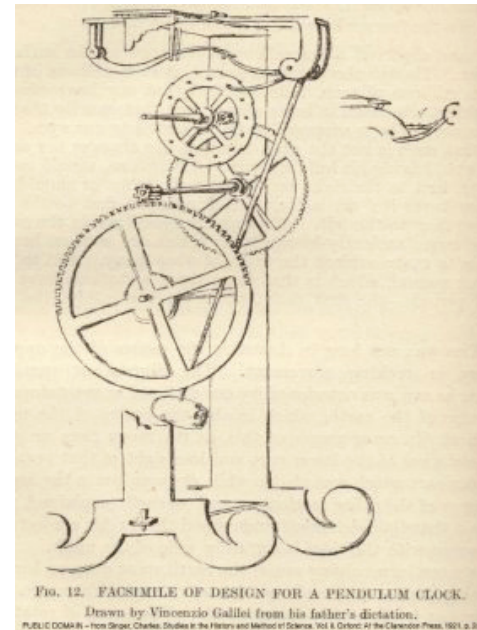
1. Une source d'énergie (poids, ressort),
2. Des organes de transmission chargés de transmettre l'énergie et à calibrer en heures égales le temps de cette transmission,
3. Un échappement ou organe distributeur qui laisse échapper périodiquement la force motrice. Plus tard, il aura également la fonction de restituer à l'organe régulateur (le pendule) l'énergie qu'il aura perdue par amortissement,
4. Un organe régulateur ou oscillateur qui transforme le mouvement irrégulier en mouvement régulier.

À ces quatre pièces, peuvent s'ajouter éventuellement :

1. Un système d'affichage (cadran, aiguilles),
2. Un système de remontage pour renouveler la source d'énergie.



La cathédrale d'Exeter.

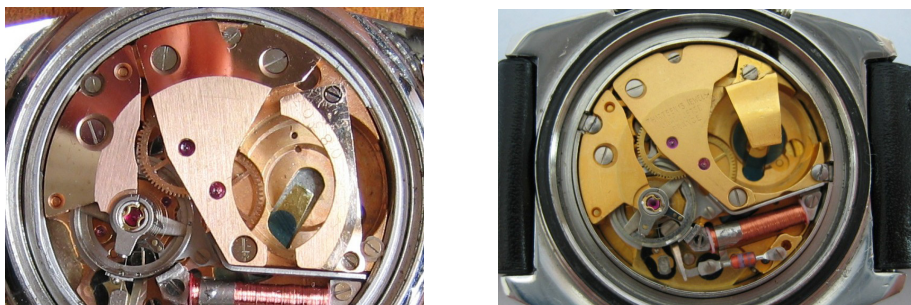


L'horloge à poids et pendule de Galilée (horloger à balancier)
Ci-contre le dessin fait par le fils de Galilée sous la dictée de son illustre père.

L'évolution

Au fil des siècles, l'évolution des horloges suit deux directions :

1. La miniaturisation de la taille des organes,
2. L'amélioration de la précision du système de régulation.



▲ Le premier mouvement à quartz (à gauche) pour montre produit industriellement est déjà une antiquité à côté d'un mouvement actuel (à droite).

La révolution

Les progrès de l'horlogerie ont une conséquence inattendue : l'heure se laïcise et se démocratise. Jusqu'au XIV^e siècle le temps appartient aux prêtres et autres serviteurs de Dieu. Assistés de clepsydres ou de cadrans solaires, les heures des offices religieux ponctuent le temps.

L'horloge mécanique joue d'abord le rôle de réveil pour les sonneurs de cloche. Puis, elle s'affiche en haut des clochers et dès lors devient la propriété de tous. Elle ne se contente plus de sonner le moment venu de la prière mais aussi les heures. Au XVII^e siècle, la taille de l'horloge est suffisamment réduite pour entrer dans les maisons. L'heure qui appartient jusqu'alors à tous devient la propriété de chacun. La miniaturisation aidant, il est possible de la porter sur soi au XVIII^e siècle et au XX^e siècle de la mettre au poignet.



▲ Montre de poche avec boîtier décoré en émail au sujet style empire.



▲ Au fil des siècles, l'heure s'est démocratisée. Objet de luxe à l'origine, elle orne désormais le poignet des plus pauvres. Ici la première montre Swatch jetable.

L'horloge Renaissance du Château de Roussillon

L'horloge orne la façade ouest du Château Renaissance de Roussillon édifié par le cardinal François de Tournon (1489-1562). Comme ses contemporaines, elle ne comporte qu'une seule aiguille et comme bien souvent à l'époque le « IV » est écrit « IIII » sans doute pour éviter toute confusion avec le « VI » (n'oublions pas qu'alors peu de gens savent lire).

Le cadran est la réplique exacte de l'horloge originelle. Les motifs ont été reconstitués par Nathalie Mathian, professeur d'histoire de l'art, Francis Martinuzzi, architecte et le regretté Georges Boutroy de l'association Évocations.

Cette copie est l'œuvre collective de 37 bénévoles de l'association des Sculpteurs roussillonnais qui lui ont consacré 253 heures de travail. Elle mesure 1,30 m de côté, son épaisseur est de 40 mm. Quatre couches de lasure lui ont été appliquées. L'ossature métallique sur laquelle elle repose a été réalisée par les services techniques municipaux.

Le chronomètre : Un rêve de marin comblé au XVIII^e siècle

Depuis l'Antiquité, les marins savent calculer la latitude de leur navire. Ils utilisent pour se repérer le soleil à midi et l'étoile polaire la nuit. Par contre, le calcul de la longitude leur est impossible en l'absence d'un instrument de mesure du temps suffisamment fiable pour connaître la distance parcourue entre deux points : le chronomètre.

En 1707, l'amiral anglais Cloudsey Shovel, à la tête d'une escadre de quatre navires, se trompe dans ses calculs. Les quatre vaisseaux font naufrage au sud-ouest de l'Angleterre : 2 000 marins meurent noyés.

Le Parlement britannique offre alors un prix équivalent à 762 245 € (5 millions de F) à quiconque permettra de calculer la longitude à un demi degré près soit environ 30 km.

C'est un horloger autodidacte qui y parvient le premier : John Harrison. En 1734, il conçoit un chronomètre de marine, d'un poids de 32,5 kg qui obtient des résultats intéressants.

En 1761, avec son prototype n°4, beaucoup plus petit et précis, il gagne enfin le prix offert par le parlement britannique : le vaisseau Deptford, commandé par James Cook, équipé du chronomètre de Harrison, effectue l'aller-retour entre la Grande-Bretagne et la Jamaïque avec une erreur de 1 minute et 54 secondes en 6 mois de traversée.

En 1765, l'ingénieux horloger anglais perfectionne encore son invention : le chronomètre n°5 commet une erreur de 5,2 secondes seulement après une croisière de deux mois.



▲
Le Français Pierre le Roy (1717-1785) invente lui aussi un chronomètre de marine. Il est récompensé en 1766 par l'Académie royale des Sciences pour avoir permis « la meilleure manière de mesurer le temps en mer ».



▲
John Harrison (1693-1776) : autodidacte, la chronométrie lui doit de nombreuses inventions.



▲ *Le premier chronomètre de John Harrison est exposé à l'observatoire de Greenwich, faubourg situé au sud-est de Londres*



▲ *Un autre chronomètre de John Harrison : plus petit et plus précis il s'apparente à une montre.*

Lexique :

Latitude :

Distance d'un point par rapport à l'équateur.
Tous les points situés sur un même parallèle ont la même latitude.

Longitude :

Distance d'un point par rapport au méridien d'origine (Greenwich) mesurée comme la latitude en degrés.

L'atome met la terre en retard

Jusqu'en 1960, l'unité de temps se réfère à la rotation de la Terre sur elle-même. La seconde est définie comme une fraction (1/86400) du jour solaire moyen (intervalle de temps entre deux passages successifs du soleil au méridien d'un même lieu d'observation). Mais depuis le début du XX^e siècle, on sait que la durée de rotation de la Terre varie : la durée d'une seconde « terrestre » varie donc elle aussi. L'activité humaine nécessite une définition stable de la seconde. L'homme y parvient avec l'horloge atomique.

Du quartz à l'atome : la course vers la précision

Lorsque vous frappez sur un verre en cristal, vous entendez un son car il vibre avec une fréquence qui lui est propre. C'est pareil pour le quartz. Et si vers 1920 on choisit le quartz comme oscillateur, c'est à cause des charges électriques qui apparaissent et disparaissent en permanence à sa surface, au rythme des vibrations. C'est l'effet piézo-électrique.

Ces vibrations, par l'intermédiaire d'un circuit électronique, sont à l'origine du déplacement des aiguilles d'une montre. La précision obtenue est dix fois plus grande que celle de la meilleure des montres mécaniques : 1 seconde en 6 ans.

La première horloge à quartz, en 1930, avait l'allure d'un réfrigérateur tourné à l'horizontale. Toujours à la recherche de la meilleure précision, pour répondre aux besoins des télécommunications ou de la navigation, les savants poursuivent leurs recherches. En 1958, ils mettent au point l'horloge atomique. Le principe est basé sur le fait qu'un atome absorbe ou émet de l'énergie à une fréquence encore plus précise que celle du quartz. L'atome retenu est le césium 133.



▲
Cristal de quartz : en 1970, la miniaturisation est telle qu'apparaît la première montre-bracelet à quartz. L'illustration montre un cristal de quartz avant sa taille, qui dépend des dimensions de l'horloge.



▲
Montre à quartz triangulaire.



▲
Mécanisme d'une montre à quartz.

L'horloge atomique commande le temps

En fait, la première horloge atomique est construite en 1947. Il s'agit d'une horloge à ammoniac. Mais, au regard de la précision obtenue aujourd'hui, elle est peu performante : elle peut s'écarter de l'heure réelle d'une seconde en trente ans.

En 1958, fut créée au Canada, la première horloge atomique à jet de césium 133. Elle a une précision de l'ordre de quelques milliardièmes de seconde par an. Cette technologie est adoptée en 1967 par la Conférence générale des poids et mesures pour définir la seconde comme unité de base du système international.

Beaucoup plus précise, ce type d'horloge s'écarte de l'heure réelle d'une seconde en 3000 ans. La durée de fréquence du césium est égale à $9\,192\,631\,770^{\text{ème}}$

fraction de seconde (neuf milliardièmes de seconde).

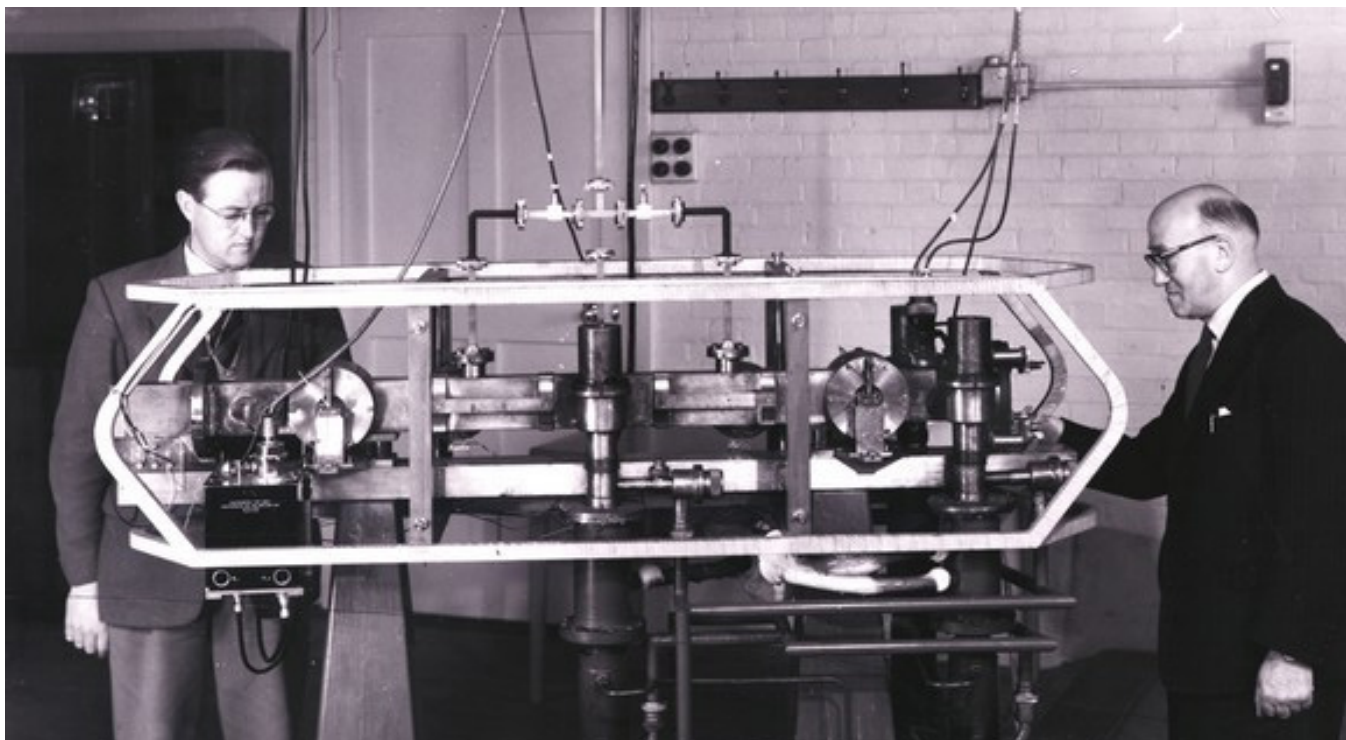
Le laboratoire français d'Orsay a mis au point une horloge atomique, encore bien plus précise, mettant en œuvre non pas des atomes de césium mais des ions calcium. Le laboratoire primaire des temps et des fréquences est aujourd'hui capable de mesurer un intervalle de temps d'un milliardième de milliardième de seconde, soit $0,000\,000\,000\,001^{\text{ème}}$ de seconde pour les ions calcium. L'horloge ionique est donc 100 000 fois plus précise que l'horloge atomique au césium 133 : elle autorise un écart d'une seconde tous les 300 millions d'années).

Le Temps atomique international est la référence mondiale fondée sur la définition de la seconde

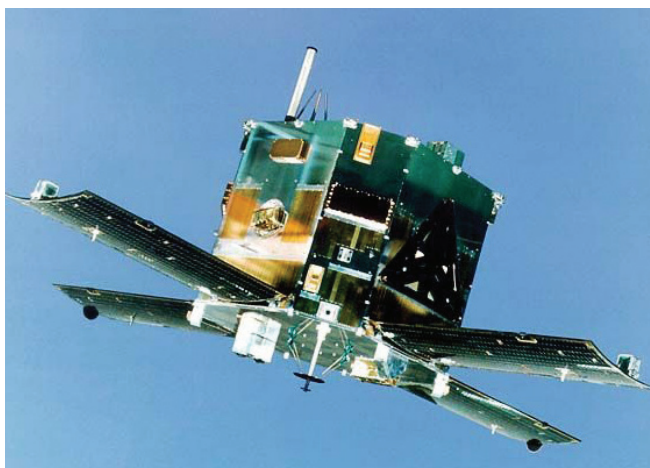
atomique, calculée au Bureau international de poids et mesures à Sèvres, en faisant la moyenne de 250 horloges atomiques à travers le monde. En France, le temps légal repose sur cinq horloges atomiques. Outre servir à définir une référence chronologique universelle, les horloges atomiques sont également employées dans les technologies de positionnement géographique. Les satellites de la constellation NavStar (utilisés dans la technologie GPS) ou ceux du programme Galileo, embarquent une horloge atomique.

Grâce à la technologie GPS,
nous ne perdons plus notre chemin
et notre temps. ▶





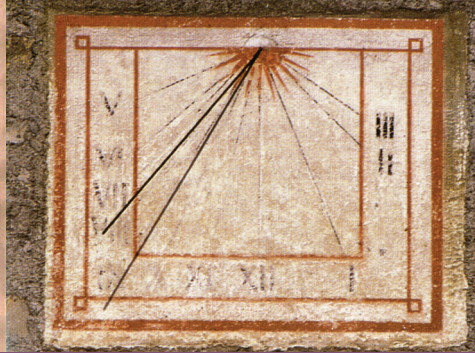
◀ L'horloge atomique utilise une des caractéristiques physiques des atomes. Elle calcule le temps de référence à partir de la fréquence du rayonnement électromagnétique émis par le passage d'un électron d'une couche à une autre.



◀ L'heure atomique facilite la mise en orbite des satellites.

Horloge atomique à césium des années 80. Elle a servi à définir le temps légal en France. C'est elle qui règle l'horloge parlante. ▶





Le temps compté conté : une expo éphémère, le temps d'un premier janvier à l'occasion des vœux du conseil municipal à la population. Éphémère certes mais combien chronophage : que de temps passé à la concevoir !

Le 450^{ème} anniversaire de l'Édit de Roussillon a eu une bonne idée : ouvrir la porte du placard où elle prenait son temps.
Un temps pas forcément bon : les panneaux qui la composaient, bien qu'ils ne fussent pas tombés, avaient pris plus d'une ride !
À l'évidence, une cure de jouvence s'imposait pour effacer les outrages du temps.
Quelques minutes de réflexion ont suffi : pour être à la page,
rien de tel que de devenir ce petit livre à remonter le temps que vous tenez en main.
D'ailleurs, pas une seconde à perdre : ouvrez-le et pour une fois laissez-vous en conter !

*Karima, Marie, Jean-Yves , – service Communication – Ville de Roussillon
avec l'aide d'un étudiant en BTS communication dont nous avons oublié le nom (avec le temps va, tout s'en va).*

La création d'un ouvrage consacré à la mesure du temps est la bienvenue
à **Roussillon, la ville du 1^{er} janvier retrouvé.**

Obsédé par la peur du chaos, l'Homme a toujours voulu chercher des repères dans l'espace et dans le temps ;
pour cela il a employé les systèmes scientifiques les plus ingénieux de son époque.

C'est ce que montre avec beaucoup de précision le livret qui vous est présentée.

L'homme ordinaire, comme le poète, regrette surtout la fuite du temps (tempus fugit) mais il garde l'espérance (post tenebra lux).

«Ô temps ! suspends ton vol, et vous, heures propices !
Suspendez votre cours : (...)
L'homme n'a point de port, le temps n'a point de rive ;
Il coule, et nous passons !»

Lamartine

Aimé André, associations Janus et Évocation