FEUILLETON

À LA MESURE DU TEMPS

La mesure du temps a toujours été une préoccupation des hommes depuis qu'ils ont pris conscience de son écoulement. Cette mesure a très vite permis d'organiser la société. Pour cela, les hommes ont créé des dispositifs de plus en plus ingénieux pour mesurer le temps à l'aide de phénomènes physiques bien choisis. Les liens entre la mesure du temps et l'astronomie sont d'ailleurs des plus anciens. C'est pour cette raison que la mesure du temps et la mesure de l'espace ont souvent été regroupées dans les observatoires astronomiques. Et cette intrication de l'espace et du temps est encore plus prégnante dans le cadre de la théorie de la relativité d'Einstein.

ÉPISODE 3

TEMPS SOCIÉTAUX, TEMPS MESURÉS – III

Dans ce dernier épisode concernant les temps sociétaux, nous nous attarderons sur les civilisations romaine et islamique. La mesure du temps y est toujours très liée à des activités pratiques ou religieuses.

D'autres civilisations mériteraient également qu'on s'y attarde, l'astronomie et la mesure du temps étant intimement liées sur les cinq continents. Il en va ainsi des précolombiens et des autres civilisations du continent américain, de l'Inde et de l'Océanie.

Les recherches en archéoastronomie et en ethnoastronomie sont en plein essor depuis les années 1980. Elles réunissent des chercheurs de disciplines diverses comme l'anthropologie, l'archéologie, l'histoire, l'architecture, les statistiques et bien sûr l'astronomie. La bibliographie guidera le lecteur vers des textes concernant les civilisations non abordées ici.

La mesure du temps à Rome

À Rome, le premier calendrier était probablement d'origine étrusque, mais ce sont les *Fasti Antiates Maiores*, fragments d'un calendrier retrouvés au début du XXe siècle, qui constituent le témoignage le plus ancien qui nous soit parvenu du calendrier romain. Il a été créé entre 84 av. J.-C. et 55 av. J.-C.

Le calendrier romain est divisé en trois grandes étapes de construction. Le plus ancien, attribué à Romulus, comportait dix mois. Puis vint le calendrier préjulien (républicain) attribué à Numa Pompillius (2e roi de Rome, 716 av. J.-C. - 673 av. J.-C.) qui, selon Tite-Live (historien, environ 60 av. J.-C. - 17 apr. J.-C.), a « inséré des mois intercalaires de telle manière que dans la vingtième année les jours se retrouvent dans la même position par rapport au soleil qu'au début ». Puis vint enfin le calendrier julien introduit par César en 46 av. J.-C. qui sera seulement modifié par la réforme grégorienne du 25 février 1582 (en 1582, le 4 octobre a été suivi du 15 octobre).

Le découpage de la journée chez les Romains (le jour commence et se termine à minuit contrairement à l'Égypte et à la Grèce) était assez simple. Elle était partagée en deux par le passage du Soleil au méridien (*Ante Meridiem*, avant midi et *Post Meridiem*, après-midi).

De nos jours, et contrairement à l'Antiquité, le terme « *horologium* »/« *horologia* » est un terme générique qui désigne assez indistinctement l'horloge hydraulique, la clepsydre ou le cadran solaire.

Le temps, pour les Romains, avait essentiellement une utilité pratique, l'aspect scientifique disparaissant de façon concomitante : c'est là une spécificité romaine. La place des « *horologia* » était principalement dans les lieux de culte, les thermes, les places publiques, gymnases, théâtres et marchés. La mesure du temps dans les tribunaux est surtout relatée dans la littérature. Il existe peu de sources relatant les liens entre les horloges et la vie religieuse. Il semble cependant qu'il y ait bien eu des dons d'horloges à des divinités, d'où une interaction entre horloges et pratiques religieuses.

Même si les témoignages ne se recoupent pas toujours, trois textes importants renseignent sur l'histoire des instruments de la mesure du temps à Rome.

En particulier, le *Naturalis historia* de Pline l'Ancien indique que « le premier cadran solaire a été posé, onze ans avant la guerre de Pyrrhus, auprès du temple de Quirinus, par L. Papirius Cursor, au moment où il faisait la dédicace de ce sanctuaire voué par son père ». Nous sommes donc en 269 av. J.-C., la guerre pyrrhique ayant commencé en 280 av. J.-C. Toujours selon Pline, le premier cadran solaire « exact » aurait été construit en 164 av. J.-C. à l'initiative du censeur Quintus Marcius Philippus. Enfin, il indique l'introduction par Scipion Nasica de la première horloge hydraulique (« *horologium* ») en 159 av. J.-C.

Mais les instruments hydrauliques, clepsydre qui mesure une durée et horloge hydraulique qui donne l'heure, ne représentent qu'une très faible proportion des artefacts retrouvés. La part belle revient aux cadrans solaires, 563 instruments étant actuellement connus.

Le plus ancien cadran solaire romain connu à ce jour provient de la ville de Bevagna (province de Pérouse, Ombrie, Italie centrale). Il daterait de la fin du IIIe siècle av. J.-C. ou du début du IIe siècle av. J.-C.

Cadran solaire en pierre calcaire de Bevagna, site Madonna del Core, avec inscription magistrale de deux quêteurs d'épeautre (cvestur fararіur).

Conservé à Pérouse, Musée national d'archéologie de l'Ombrie. Fin du IIe siècle av. J.-C.

CC BY-NC-SA 2.0 Musée national d'archéologie de l'Ombrie

C'est aussi à cette période que la division du jour en heures est entrée dans les usages romains.

Tout comme la tour des Vents d'Athènes, la méridienne de Rome (« *Horologium Augusti* ») a été particulièrement étudiée. Les théories de Buchner qui datent des années 1970 ont été remises en cause et il semblerait plutôt qu'il s'agisse d'une méridienne que d'un cadran solaire.

Dans son *Naturalis historia* (livre XXXVI traitant de l'histoire naturelle des pierres), Pline l'Ancien parle de quelques obélisques remarquables. Un surtout, celui qu'Auguste a fait venir d'Égypte pour l'ériger au champ de Mars.

Obélisque du Montecitorio.

CC BY-SA 4.0 Chabe01

« *De celui qui est dans le champ de Mars,*
le dieu Auguste fit une admirable application :
pour marquer l'ombre projetée par le Soleil,
et reconnaître ainsi les longueurs des jours
et des nuits, on étendit un lit de pierre
dans un tel rapport avec l'obélisque,
que l'ombre fût égale à ce lit
le jour du solstice d'hiver, à midi ;
puis, pour chaque jour, l'ombre subissait
des décroissements et, plus tard,
des accroissements correspondants
à des règles d'airain incrustées dans la pierre :
construction mémorable, et digne du génie fécond
du mathématicien Novus. »

Il s'agit plus là de la description d'un gnomon que de celle d'un cadran solaire.

D'après une inscription située à sa base, l'obélisque aurait été érigé entre le mois de juillet de l'an 10 av. J.-C. et le mois de juin de l'an 9 av. J.-C. Il a été brisé en cinq morceaux probablement au VIIIe siècle, redécouvert au XVIe et exhumer au XVIIIe siècle. Depuis 1792, il se dresse sur la Piazza Montecitorio devant le Parlement italien. Pline l'Ancien nous apprend encore que « […] depuis trente ans environ, les observations ont cessé d'être justes […] soit que des tremblements de terre bornés à Rome aient fait fléchir le gnomon […] ». Des fouilles ont en effet montré que l'obélisque s'est enfoncé de 2 à 3 mètres au IIIe siècle.

En 1979, on a découvert un fragment du pavage en travertin de l'édifice, long de 6,6 mètres, comportant de nombreuses graduations incrustées de bronze. Au centre de ce pavage se trouve une bande large de 2,3 mètres constituée de blocs ininterrompus, parfaitement orientée nord-sud, dans laquelle sont toujours incrustées les réglettes en bronze mentionnées par Pline l'Ancien.

Fragment de la ligne méridienne découvert lors des fouilles des années 1970/1980 (Maison 48).

Le pavage daterait de l'époque de Domitien (51 ap. J.-C. – 96 ap. J.-C.) et non de celle d'Auguste (63 av. J.-C. – 14 ap. J.-C.). Cette image de 2020 montre la préparation de la salle où se trouve la méridienne afin d'en faire un relevé 3d (voir https://www.mdpi.com/2072-4292/12/24/4064). On notera en particulier que les positions des points obtenues par le relevé laser sont au niveau millimétrique grâce aux satellites du GNSS (ici limité aux GPS/GLONASS) qui embarquent des horloges atomiques. Nous y reviendrons dans un épisode ultérieur.

CC BY 4.0 V. Baiocchi/R. Brigante/S. Del Pizzo/F. Giannone/M. Onori/F. Radicioni/A. Stoppini/G. Tosi/S. Troisi/M. Baumgartner

La mesure du temps pendant l'Hégire

Le début de l'Hégire est traditionnellement fixé en 622 lorsque Mahomet et plusieurs de ses compagnons partent de La Mecque vers l'oasis de Yathrib (ancien nom de Médine).

La civilisation arabo-islamique a recueilli l'héritage scientifique et technique des civilisations l'ayant précédée (Mésopotamie, Égypte, Grèce).

Mais le monde arabo-musulman est également connu pour avoir traduit un nombre important d'œuvres astronomiques anciennes, qu'elles soient grecques ou romaines, de même que le célèbre *Almageste* de Ptolémée. L'apport des savants arabes au développement scientifique de l'Europe est évident en mathématiques et en astronomie. La civilisation arabo-musulmane nous a légué le système de numération, l'algèbre, différents procédés permettant la résolution d'équations, le nom des constellations…

Le « premier ingénieur » de ce monde arabo-musulman est Al-Jazarī qui vécut au XIIe siècle apr. J.-C. Il nous a laissé un livre majeur qui décrit en particulier des horloges à eau ou à feu, actionnées par des automates : le *Recueil utile sur la théorie et la pratique de l'art des procédés ingénieux* qui décrit 50 procédés mécaniques, classés en six catégories. La plupart des machines d'Al-Jazarī ne sont pas des créations originales, puisqu'il a repris et perfectionné des machines déjà existantes dont il reprend la description.

En astronomie, des recherches récentes ont pu démontrer que la *mizwala* (cadran solaire), principal instrument de mesure du temps chez les musulmans, était directement issu des cadrans solaires antiques.

L'horloge de l'éléphant, due à Al-Jazarī.

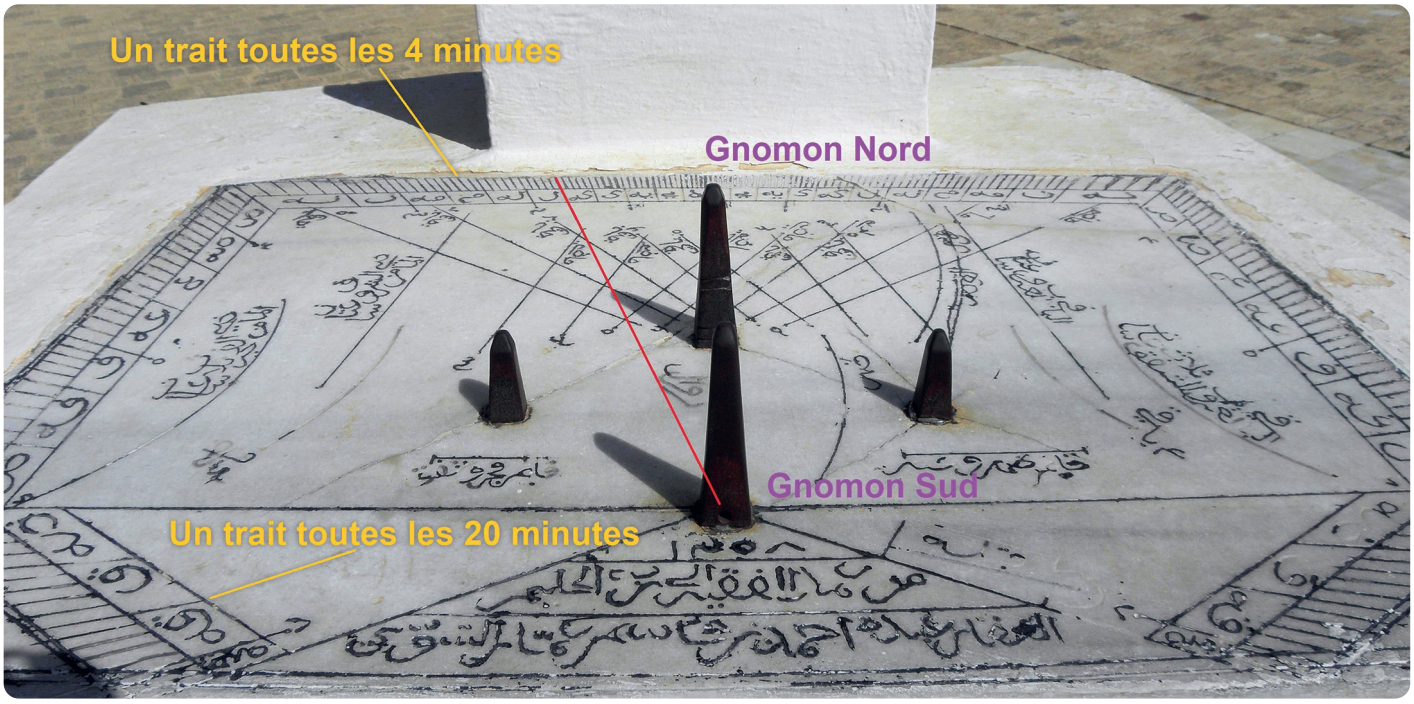
C'est une clepsydre de 7 mètres de haut.
Un réservoir d'eau se trouve dans le corps de l'éléphant.
Sur ce réservoir se trouve un flotteur qui se remplit d'eau.
En descendant, il actionne une corde qui va libérer une bille au sommet de l'automate. Cette bille roule dans la cymbale et le nombre de billes permet de connaître l'heure !

Domaine public

La période du IXe siècle au XIe siècle correspond à l'apparition de la gnomonique dans le monde arabo-musulman, essentiellement pour déterminer les moments favorables aux prières. Ces prières, qui font partie des obligations des croyants, sont au nombre de cinq.

Le cadran solaire islamique est très souvent placé sur le mur ouest d'une mosquée et orienté vers le Soleil. Les mizwalas installées dans des lieux ou des places publiques sont beaucoup plus rares. Une mizwala comporte des symboles, des tracés et des courbes qui déterminent, grâce à un gnomon métallique ou une ficelle porte-ombre, les moments de la prière, les heures de la journée et d'autres moments célestes, astronomiques et religieux. Trois types de cadrans peuvent être distingués selon leur époque de construction. Les cadrans médiévaux (XIe - XVIe siècle apr. J.-C.), ceux de l'époque moderne (XVIIe - milieu du XIXe siècle apr. J.-C.) et enfin ceux de l'époque contemporaine (milieu du XIXe - XXe siècle apr. J.-C.). Les deux plus anciennes mizwalas proviennent d'Andalousie (Cordoue). La première provient de Madînat al-Zahra et date du Xe siècle. La seconde, réalisée par Ibn al-Saffâr, est datée de l'an 1000 (390 de l'Hégire).

Un agent de la mosquée était chargé d'annoncer les heures exactes des prières, à l'aide du cadran solaire.



Cadran horizontal de la mosquée de Kairouan construit en 1842, inspiré d'un cadran construit en 1372 à Damas.

On lit l'heure en traçant une droite reliant l'extrémité de l'ombre du gnomon Nord à la base du gnomon Sud.
Les lignes courbes, traces des ombres des gnomons Nord, Sud, Est et Ouest, servent à déterminer l'heure des prières.
Les lignes droites servent à déterminer le nombre d'heures écoulées depuis le lever ou le coucher du Soleil.

CC BY 2.0 K. Roper (légendes LTE)

L'instrument scientifique le plus représentatif de la civilisation arabo-musulmane est probablement l'astrolabe.

Les astrolabes musulmans étaient destinés à la détermination de la « *Qibla* », c'est-à-dire la direction de la Mecque vers laquelle doit se tourner le fidèle musulman pour effectuer la prière (*Salât*). Ils servaient aussi à la détermination de la date du Ramadan et des heures de prières, ainsi qu'à montrer les mouvements apparents des étoiles. Ils servaient enfin à déterminer les heures de lever et de coucher du Soleil et des étoiles, la visibilité des astres au-dessus de l'horizon et la détermination de l'heure du jour et de la nuit.

Le plus ancien astrolabe du monde musulman ayant été retrouvé (mais pas le premier réalisé) a été construit vers 927-928 par Muḥammad ibn ʻAbd Allāh Nasṭūlus (Xe siècle).

Description de l'astrolabe de Nasṭūlus par Abū Rayhān Bīrūnī.
Domaine public

Il se trouve au musée national du Koweït (https://thealsabahcollection.org/collection/metalwork-1/lns-36-m/) et est constitué d'une plaque valable pour les latitudes 33° et 36°. Il porte l'inscription : « Fabriqué par Nasṭūlus (ou Basṭūlus) en l'an 315 » (an 315 de l'Hégire). Des exemplaires des XVIe et XVIIe siècles se trouvent également au musée des Arts et Métiers de Paris. D'autres astronomes comme Al-Khwarizmi (780-850) ou Al-Birunî (973-1050) ont considérablement perfectionné l'astrolabe de la civilisation hellénistique.

Plusieurs types d'astrolabes existent : sphérique, plan équatorial, plan universel, l'astrolabe planisphérique étant le plus répandu. Il est constitué d'un boîtier qu'on appelle « la mère » (*Umm* en arabe) et de deux disques concentriques. L'un, « l'araignée » (*Ankabut* en arabe), est une représentation de la sphère céleste alors que l'autre, le « tympan » (*Safihah* en arabe), est une représentation du lieu d'observation terrestre. Une alidade de repérage munie de deux pinnules, chacune percée d'un trou, permet de pointer les astres en hauteur et complète cet ensemble. Il sort du cadre de cette brève présentation d'expliquer le fonctionnement de l'astrolabe (par exemple la détermination de l'heure), mais une abondante littérature existe, dont il est possible de trouver quelques exemples dans la bibliographie. ■

Astrolabe ibérique de Ahmad ibn Muhammad al-Naqqash (≈1079-1080) .
CC BY-SA 3.0 Sailko

Bibliographie

J. Bonnin, *La Mesure du temps dans l'Antiquité*, éd. Les Belles Lettres, 2015.

« L'Astrolabe d'Abu Behr Ibn Yussuf, une séquence du projet *Les découvertes en pays d'Islam* », fondation *La main à la pâte*.

C. Guittard, « Le calendrier romain des origines au milieu du Ve siècle avant J.-C. », *Bulletin de l'Association Guillaume Budé*, n° 2, juin 1973, p. 203-219.

T. Hockey *et al.* (eds.), *Biographical Encyclopedia of Astronomers*, Springer Reference, New York : Springer, 2007, p. 822-823.

R. D'Hollander, « La mesure du temps à l'astrolabe », *Pratique et mesure du temps*, actes du 129e congrès national des sociétés historiques et scientifiques, « Le temps », Besançon, 2004 ; Paris : éditions du CTHS, 2011, p. 169-184. (actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques)

F. Jarray, « De la mizwala musulmane à l'horloge européenne. Quelques précisions sur la contribution des musulmans dans la genèse de la gnomonique en Europe », *Héritages arabo-islamiques dans l'Europe méditerranéenne*, Paris : La Découverte, 2015.

F. Jarray, « Gnomonique musulmane au Maroc : Un premier bilan sur le corpus des mizwala-s », *Études en patrimoine écrit*, Centre national de la calligraphie, Tunis, 2017.

F. Jarray, « De l'horologium, solarium antique à la mizwala islamique : de l'adoption à l'adaptation », *Africa Romana* XIX, Université de Sassari, Sardaigne, Italie, 2012, p. 2355-2380.

D.A. King, « Islamic Astronomical Instruments and Some Examples of Transmission to Europe », *A Shared Legacy: Islamic Science East and West: Homage to Professor J.M. Millàs Vallicrosa*, Université de Barcelone, 2008.

D.A. King, « Islamic Astronomy », *Astronomy before the telescope*, éd. Ch. Walker, British Museum Press, 1996.

D.A. King, « Some Islamic astronomical instruments and their secrets », *Islamic Astronomy and Geography*, 2012.

Pline l'Ancien, *Histoire naturelle*, tome second, livre XXXVI, traduction française : M.É. Littré, Paris : Firmin-Didot, 1878.

E. Mercier, « Cadrans islamiques anciens de Tunisie », *Cadran Info*, n° 29, mai 2014.

E. Mercier, « Les premiers siècles de la gnomonique arabo-musulmane (IXe - début XIe siècle) », *Cadran Info*, n° 39, mai 2019.

E. Mercier, « La qualité scientifique des instruments gnomoniques maghrebo-andalous (XIe - XIXe siècles) », 13e Colloque maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes, Tunis, 2018.

REseau Lyonnais d'Ingénierie Educative : https://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/

Clive L.N. Ruggles (Ed.), *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, School of Archaeology and Ancient History, University of Leicester, University Road, Leicester, UK : Springer.