

ÉGYPTE ANTIQUE

L'Égypte a été un berceau fécond de la civilisation qui nous a légué de nombreux témoignages pérennes en matière d'art, d'architecture, de religion et de sciences. Il s'agit donc ici d'évoquer les usages et les connaissances de l'Égypte relatifs au Soleil, les découvertes archéologiques témoignant des cadrans solaires, mais aussi les travaux que les mathématiciens et astronomes de la période hellénistique de l'Égypte ont développés. Il sera également question de l'emploi des obélisques égyptiens réutilisés par les romains au 1^{er} siècle après J.-C. et au XVIII^e siècle et par les Parisiens des XIX^e et XX^e siècles.

L'Égypte le pays du grand fleuve et pays d'une seule longitude

Dans l'Égypte de l'Antiquité, tout dépendait du Nil. Sans sa crue annuelle, il ne pouvait y avoir de limon fertile où pousse le blé ou l'orge, donc aucune nourriture n'aurait été disponible. Dans ce pays ceinturé de déserts, la fine ligne verte associée au fleuve représente le seul espoir d'une vie meilleure, ou simplement possible. Dans l'Antiquité, l'année égyptienne se divisait en trois saisons :

- l'*akhet* (inondation), la période de la crue elle-même, s'étalait de mi-juillet à mi-novembre. Pendant l'*akhet*, il était impossible de se rendre aux champs : à ce moment les paysans travaillaient aux grands projets de Pharaon
- le *peret* (émergence, plantation), entre mi-novembre et mi-mars, était consacré aux semailles
- le *shemou*, (récolte et basses eaux), de mi-mars à mi-juillet, sonnait le temps de la moisson mais aussi du Soleil ravageur et de la sécheresse impitoyable : c'était la saison dont on voulait voir la fin le plus vite possible

Le décompte des heures et, plus particulièrement celui du temps de travail aux champs ou sur les chantiers du Pharaon ne pouvait pas ignorer ces rythmes saisonniers, ni les contraintes hydrauliques et climatiques propres à chacune de ces saisons. Il se devait de permettre de privilégier la planification du travail à l'aube et au crépuscule et d'éviter ainsi à tous ceux qui travaillaient à l'extérieur d'affronter la canicule du milieu de journée.

Le Nil le plus long fleuve du monde antique, possède aussi une particularité unique qui est d'être orienté de manière quasi parfaite selon un axe Sud-Nord. Le Nil fait de l'Égypte non seulement le pays du grand fleuve mais aussi le pays d'une seule longitude. Cela simplifie grandement la détermination de l'heure à l'aide des cadrans solaires en éliminant la prise en compte d'une variable géographique.

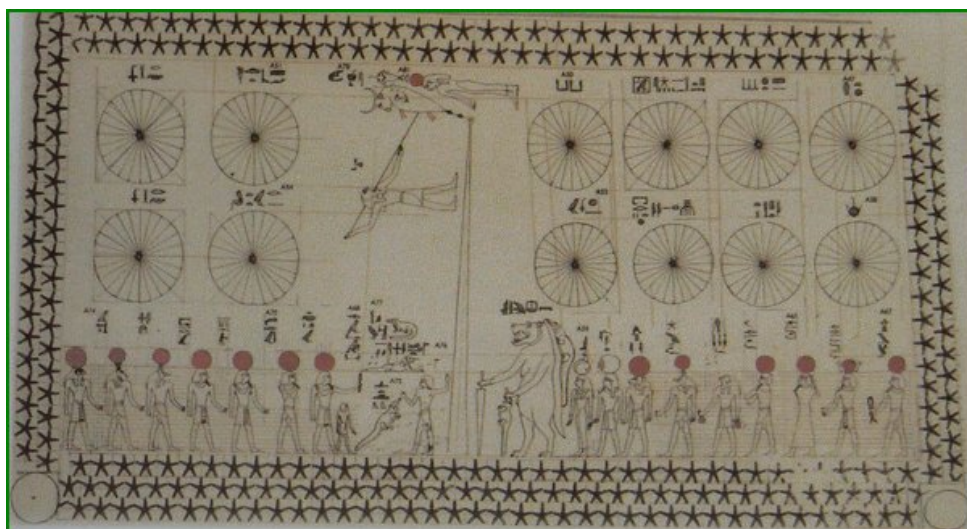


Fig. 1 : Première représentation connue d'un calendrier solaire - Caveau funéraire de Senmout XVIIIème dynastie (- 1500 ans av. J.-C.)

Un extrait des « prophéties de Néfert¹ » et le « Texte de l'horloge à ombre »² témoignent du fait que la mesure du temps grâce à l'ombre du Soleil était une pratique et un procédé déjà connus au Moyen Empire.

La prophétie de Néfert

Le texte de la prophétie de Néfert évoque avec force le grand trouble généré chez les Égyptiens par l'impossibilité qui se serait produite et aurait empêché les hommes de connaître l'heure de midi et de distinguer l'ombre générée par le Soleil alors même qu'il faisait jour. Ce texte témoigne de la crainte considérable que représentait la disparition du Soleil.

La prophétie de Néfert³ est un texte qui figure sur un papyrus datant de la XVIII^e dynastie (-1550/-1292) souvent assimilée à l'apogée de la civilisation égyptienne antique. Le texte figure également sur deux tablettes en bois ainsi qu'une vingtaine d'ostraca⁴ remontant à l'époque ramesside. Il s'agit d'une pseudo-prophétie, c'est-à-dire qu'elle a été écrite après l'événement ; Cette œuvre de propagande à la gloire du roi Snéfrou (IV^e dynastie) dont les copies connues datent du Nouvel Empire a été rédigée antérieurement au Moyen-Empire, au début de la XII^e dynastie (-1991 -1783)¹.

« Le pays est amoindri, ses dirigeants sont nombreux, et il manque cruellement de serviteurs ! L'orge est en petite quantité mais le boisseau est grand et c'est lorsqu'on le fait déborder que l'on peut mesurer l'orge. Rê se séparera des hommes. Il se lèvera le moment venu et brillera, mais on ne

¹ <http://www.reshafim.org.il/ad/egypt/texts/nefert.htm>

² Anne-Sophie von Bomhard, « Le début du Livre de Nout », ENIM 7, 2014, p. 79-123

³ <http://www.reshafim.org.il/ad/egypt/texts/nefert.htm>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Proph%C3%A9tie_de_N%C3%A9fert

et

⁴ terme désignant un tesson de poterie ou un éclat de calcaire utilisé dans l'Antiquité comme support d'écriture

saura pas quand midi viendra, on ne distinguera pas son ombre, on ne sera pas ébloui en (le) regardant. Les yeux ne seront pas humidifiés d'eau, c'est comme la Lune qu'il sera dans le ciel. Son temps tel qu'il est connu ne sera pas transgressé car ses rayons seront sur le visage des hommes comme autrefois.⁵ »

Le « Texte de l'horloge à ombre » au début du « Livre de Nout »

Nout est la déesse égyptienne de la nuit. Elle est également connue sous le nom de *dame du Ciel et des Étoiles, mère du Soleil*. Elle personnifie la voûte céleste. La mythologie égyptienne relate que chaque soir, la déesse Nout avale l'astre solaire souvent représenté par un disque rouge qui traverse son corps pour renaître comme son propre enfant le matin sous la forme d'un disque blanc ailé. Dans les représentations graphiques, notamment au plafond du cénotaphe de Séthi 1^{er}, la déesse Nout est penchée sur la Terre en sa position de « firmament » : son corps est longiligne, elle est campée sur ses quatre membres qui sont les piliers du ciel. La croyance affirmait que ses doigts et ses orteils touchaient les quatre points cardinaux.



Fig. 2 : La déesse Nout plafond de la salle funéraire de la tombe de Ramsès V et VI, vallée des rois no. KV9

Le « Livre de Nout » est un texte qui est visible sur plusieurs monuments funéraires, plafonds ou intérieur du couvercle de sarcophage et sur des papyrus ou fragments de papyrus. Le titre le plus approprié pour ce livre serait selon A. Von Lieven : « Les principes fondamentaux de la marche des étoiles »⁶. Dans le cénotaphe de Sethi 1^{er}, le nom du livre est situé à la 29^{ème} et dernière colonne. À ses côtés figure ce qu'il est convenu d'appeler, depuis la première publication de l'Osireion, le « Texte de l'Horloge » car il contient la description d'un cadran solaire et de son utilisation. Les égyptologues ont pris l'habitude d'appeler les cadrans solaires « horloge à ombre ». Le « Livre de Nout » regroupe donc d'une part des tables détaillées décrivant précisément les noms, dates, heures et positions des étoiles, ce que l'on convient d'appeler aujourd'hui des éphémérides

⁵ http://rennesegypto.free.fr/IMG/pdf/La_prophetie_de_Neferty.pdf

⁶ A. Von Lieven, Grundriss des Laufes der Sterne, Das sogenannte Nutbuch, 2007.

astronomiques⁷ ; dans le livre de Nout figure d'autre part la description d'un cadran solaire et de son utilisation.

Sur la transcription représentée ici le cadran du « Texte de l'horloge » on distingue clairement en haut le tracé du cadran solaire en forme de « L » qui constitue le titre du texte en hiéroglyphe situé dans les colonnes du dessous....



Fig. 3 : Texte de l'horloge solaire (d'après A. De Buck, dans H. Frankfort, *The Cenotaph*, pl. 83).

Les cadrans solaires portables égyptiens

En Égypte antique, comme en Mésopotamie, les jours et les nuits étaient divisés chacun en douze heures, et ce quelle que soit la durée du jour ou de la nuit. Les heures égyptiennes résultent de la division de la journée ou de la nuit en douze parties égales⁸.

⁷ les égyptologues anglophones désignent parfois ces tables comme des « *star clocks* »

⁸ De ce fait, elles n'avaient pas la même durée tout au long de l'année, la durée du jour variant selon la saison. En Égypte, le jour le plus long dure à peu près quatre heures de plus que le jour le plus court de l'année, la

En conséquence, les heures du jour et de la nuit portaient des numéros et de surcroît possédaient des noms à la fois poétiques et évocateurs. Nous citons ici les heures du jour grâce à ce que l'on peut lire sur le cadran solaire portable⁹ conservé à Berlin sous le numéro d'inventaire 19743.

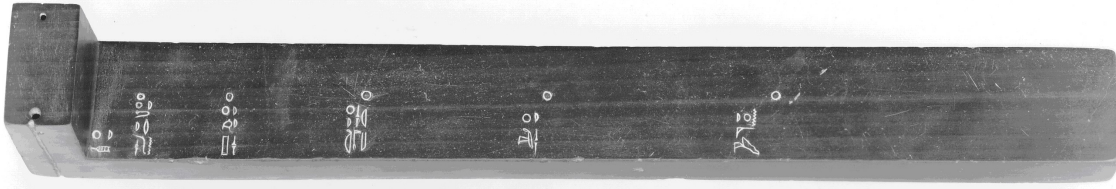


Fig. 4 : cadran solaire portable égyptien conservé à Berlin n°19743

Voici les heures que l'on peut y lire :

- « première heure » *wbnwt* « celle du lever »
- « deuxième heure » *šsmt* « celle qui guide »
- « troisième heure » *mkt nb s* « celle qui protège son maître »
- « quatrième heure » *sš't* « la secrète »
- « cinquième heure » *nsrt* « la flamme »
- « sixième heure » *'h'yt* « celle qui est debout »

Les mentions des autres heures ne figurent pas sur ce cadran.

Ce cadran en schiste a été trouvé à Fayum ses dimensions sont de 4,7 x 3,4 x 30,3 cm

Le plus ancien cadran solaire égyptien

Le plus ancien cadran solaire égyptien qui nous soit connu remonte à l'époque du Nouvel Empire et porte les titres et le nom du pharaon Thoutmosis III (1503-1450 av. J.-C.)



Fig. 5 : le plus ancien cadran solaire égyptien connu (n°19744 Berlin)

Photo: Website Verein zur Förderung des Agyptischen Museums Berlin

Ce cadran est conservé au musée d'égyptologie de Berlin et porte le numéro de catalogue 19744. Il mesure. 23,3 cm de long ; il est cassé dans sa longueur et devait à l'origine être plus long, il mesure

variation de la durée d'une « heure » inégale entre une heure l'été et une heure l'hiver est donc d'environ 10 minutes.

⁹ Anne-Sophie von Bomhard, « Le début du Livre de Nout », ENIM 7, 2014, p. 79-123

seulement 4,5 cm de haut. Il a vraisemblablement été découvert à Eschmunein¹⁰ et est contemporain du règne de Thoutmosis III (1479 – 1425 avant J;-C.). Le nom et les titres du pharaon sont gravés sur le côté. Ce cadran qui a la forme de la lettre « L » couchée est en schiste. La branche verticale du « L » qui, comme on l'aura constaté est bien plus petite que la branche horizontale est celle qui produit l'ombre qui indique l'heure. Un trou est percé dans cette branche verticale pour loger et fixer un petit fil à plomb qui grâce à une fine rainure gravée perpendiculairement à celle-ci permet de s'assurer de l'horizontalité de la longue branche. Sur le dessus de la longue barre horizontale il y a cinq cercles qui marquent les heures. Sur ce cadran, les distances entre ces marques sont proportionnelles à une échelle de références 1, 2, 3, 4, 5.

Du fait de ses dimensions, le cadran de Thoutmosis III est réputé être un cadran solaire de voyage. L'égyptologue américain James Henry Breasted qualifie le pharaon Thoutmosis III comme étant « le Napoléon de l'Égypte antique ». Grand chef d'armée et grand conquérant, il mena des campagnes aussi bien en Nubie au Sud qu'en Syrie et Palestine au Nord et en Mésopotamie en Orient. Au cours de ses seize à dix-huit expéditions militaires en Asie, il aurait capturé 350 cités, soumettant la plupart des territoires à l'ouest de l'Euphrate.

Le pharaon serait parti en campagne avec ce cadran. On peut aisément considérer que, grâce à cet instrument, il pouvait en effet posséder une connaissance empirique de l'heure qu'il n'aurait pas eue sans l'instrument. Cela pouvait constituer pour lui un atout non négligeable pour voyager, déplacer des troupes et préparer avec soin la tactique et la stratégie militaire.

Ce cadran a donné lieu à la recherche d'explications relatives à son fonctionnement et à la validité de l'heure que l'on peut lire par son entremise.

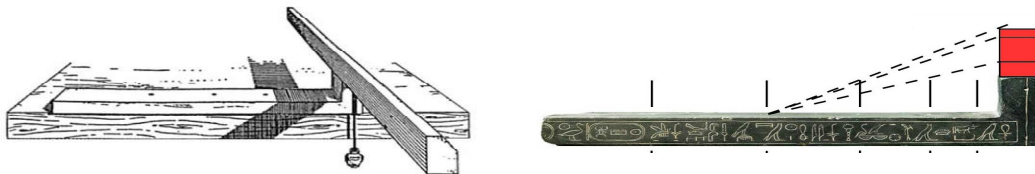


Fig. 6 : les représentations erronées de L. Borchardt et E. Bruins

Une première hypothèse élaborée et formulée en 1910 par l'archéologue allemand Ludwig Borchardt faisait appel à la nécessité de disposer d'une barre transversale perpendiculaire additionnelle manquante sur l'objet en notre possession. Cette barre aurait dû être relativement longue pour permettre la lecture de l'heure sur ce cadran.

En 1965, le mathématicien néerlandais Evert Bruins avance, quant à lui sa propre hypothèse en s'appuyant sur ses calculs. Il manquerait selon lui un segment voire une série de segments à la branche verticale du « L » pour indiquer convenablement l'heure.

¹⁰ Eschmunein est la transcription allemande de la ville égyptienne connue également sous le nom de Al Ashmunin 27° 46' N - 30° 48' E

Dans une thèse de doctorat publiée à Leicester en 1999, Sarah Symons a démontré que ces deux hypothèses étaient erronées et infondées. Suite à ce travail de recherche, Francis Maddison et Anthony Turner ont alors évoqué les recherches antérieures en des termes critiques en stigmatisant « la théorie exagérément sophistiquée de L. Borchardt et les étranges fantaisies de E. Bruis »¹¹. Sarah Symons s'appuie en effet sur de nouveaux calculs corrigés par rapport à ceux de ses prédécesseurs et complète son analyse par la lecture des textes et l'examen des hiéroglyphes. Ainsi, dans le cénotaphe, nommé Osireion, près du temple de Sethi I à Abydos¹², un texte du plafond¹³ décrit la construction et l'utilisation de ces cadrans solaires en forme de « L ». Le hiéroglyphe qui désigne le mot « cadran solaire » qui est reporté sur cette page fait figurer uniquement le corps en « L » de l'instrument et son fil à plomb. Il n'y est dessiné aucun dispositif additionnel, ni barre transversale, ni rallonge verticale du gnomon que ce soit sous forme symbolisée ou figurative. Le cadran en « L » se suffit à lui-même. Pour utiliser le cadran il convient juste de vérifier son horizontalité via la vérification de la verticale grâce au fil à plomb et d'en diriger la longue branche dans l'axe du Soleil, la tête à l'Est le matin et la tête vers l'Ouest l'après-midi. Pour lire l'heure on observe le petit trait de l'ombre projetée par le court gnomon vertical et on vérifie la position de cette ombre par rapport aux repères qui figurent sur la règle ou, en d'autres termes, la surface supérieure de la branche horizontale. En outre, cette façon d'utiliser l'instrument est cohérente avec les indications claires fournies par le texte dit « Texte de l'horloge » ou encore « Texte de l'horloge à ombre » de l'Osireion qui mentionne : "Puis l'ombre du Soleil sera alignée sur cet instrument".

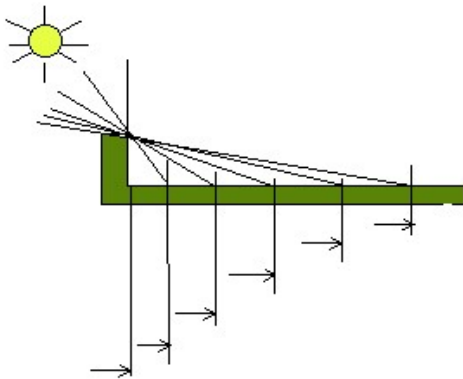


Fig. 7 : mode de lecture de l'heure avec un cadran en forme de « L »

Un autre exemplaire de cadrans solaire de ce type légèrement plus grand et plus récent puisque datant de -600 av. J.-C. nous est parvenu. Le nombre de marques que ces cadrans solaires comportent peut varier d'un exemplaire à l'autre.

Cote cliché : 04-502508 N° d'inventaire : 19743,19744, (C) BPK, Berlin, Dist. RMN-Grand Palais / Margarete Büsing, Ägyptisches Museum und Papyrussammlung

¹¹ <http://www.wijzerweb.be/egypteengels.html> consulté le 20/07/2014

¹² 26° 11' 03" Nord 31° 55' 07" Est

¹³ Anne-Sophie von Bomhard, « Le début du Livre de Nout », ENIM 7, 2014, p. 79-123

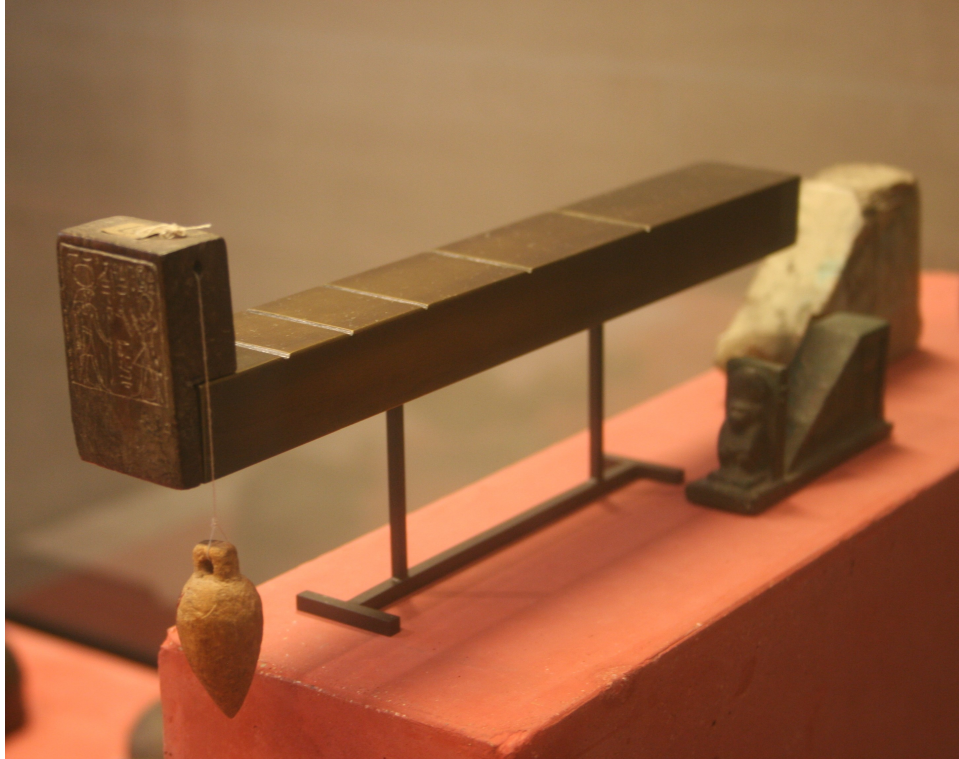


Fig. 8 : présentation des cadrans solaires égyptiens au musée du Louvre

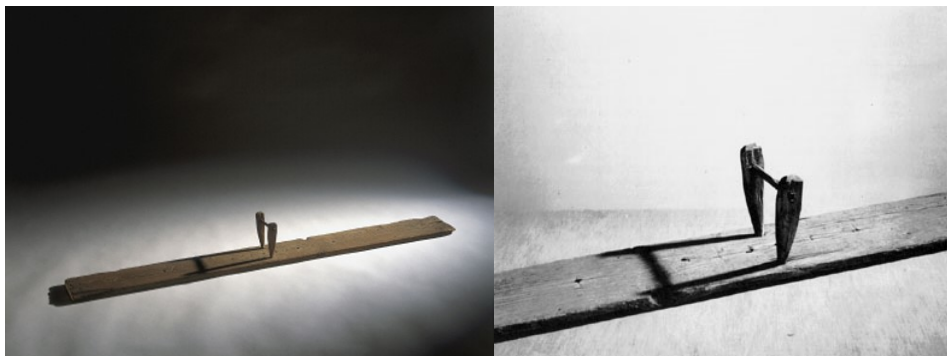


Fig. 9 : cadran égyptien du musée des sciences de Londres

Le cadran égyptien du musée des sciences de Londres portant le numéro d'inventaire 1926-992 fait partie des collections du Science Museum à Blythe House. Il est en bois et en fer, il aurait été

fabriqué à Qus¹⁴ entre 1000 et 800 –av. J.-C. il a été acquis par M. W. M. Hayes. Contrairement aux cadrans en forme de « L » du musée de Berlin, ce cadran portable mais deux fois plus long et encombrant n'a pas besoin d'être retourné à midi pour continuer à donner l'heure tout au long de la journée. Il suffit de l'aligner une seule fois d'Est en Ouest, tout en veillant à son horizontalité.

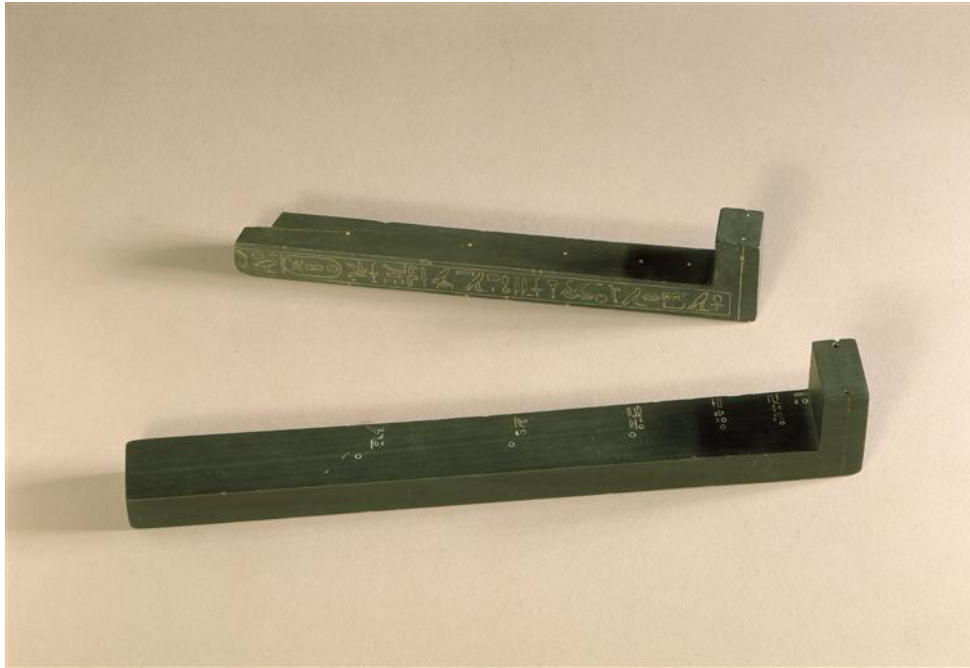


Fig. 10 : les 2 cadrans solaires égyptiens portables en forme de « L » au musée de Berlin

Photo: Site Verein zur Förderung des Agyptischen Musées de Berlin

Au premier plan l'exemplaire inventorié sous le n° 19743 dit aussi « horloge de Saïs^{15, 16} ». Il mesure 30,4 cm de long et 4,7 cm de haut possède six marques et possède la particularité d'offrir un nom à chaque heure, comme indiqué précédemment. À l'arrière-plan le plus ancien cadran solaire connu (n°1744) très similaire d'aspect qui lui est antérieur d'environ 600 ans.

Ces cadrans solaires peuvent étonner par leur forme très allongée et par la faible hauteur du gnomon vertical particulièrement si on compare celle-ci à la longueur de la règle graduée sur laquelle on peut lire l'heure. C'est peut-être à cause de l'étonnement que cette forme particulière a suscité chez les chercheurs L. Borchardt et E. Bruins, qu'ils ont imaginé de leur rajouter des éléments pour en expliquer le fonctionnement. Hors, une considération relative à la vie pratique mérite d'être soulignée. En Égypte, particulièrement en période ensoleillée à la saison chaude, les heures les plus propices au travail, aux déplacements ou à toute activité sont les heures du début et de la fin de la

¹⁴ 25° 54' N et 32° 45' E

¹⁵ 30° 58' N / 30° 45' E

¹⁶ 31° 23' N / 40° 24' E (près du Caire)

journée. La période située autour de midi, donc de la culmination du Soleil, est celle pendant laquelle il est plus avisé de se mettre à l'abri du Soleil, de se reposer. De ce fait, c'est pendant cette période que la connaissance de l'heure est moins importante pour régler ses activités, et aussi celle pendant laquelle les ombres sont les plus courtes. La connaissance de l'heure importe bien plus en début et en fin de journée pour savoir respectivement pendant combien de temps le matin on pourra encore bénéficier d'une certaine fraîcheur pour travailler ou se déplacer avant d'être accablé par la chaleur et le soir de combien de temps on disposera encore pour bénéficier de la lumière du jour et pour s'activer dans une période où la chaleur est promise au déclin. Il est donc intéressant de constater que les cadrans en forme de « L » que nous venons d'examiner en détail se prêtent quant à eux beaucoup mieux à la mesure des ombres longues.

Il existe une deuxième raison qui a pu conduire à ce choix de géométrie. Leur longueur permet de les utiliser à la manière d'un viseur servant à les orienter assez précisément à vue œil dans l'axe Est-Ouest. Le suivi de l'écoulement progressif du temps par le parcours de l'ombre et la lecture de l'heure s'y étalent sur une plus grande longueur ce qui rend l'instrument plus précis. Il est ainsi agréable de constater que l'heure est donc bien plus lisible aux moments où on en a le plus besoin, c'est-à-dire en début et en fin de journée. À ce titre, les gnomonistes modernes pourraient être tentés de les qualifier d'« anti-méridiennes ». Les causes qui déterminent la nécessité de connaître l'heure peuvent se regrouper selon des grandes catégories de besoins qui sont déjà perceptibles dans les témoignages de l'Égypte ancienne : se mettre à l'abri la nuit, organiser le travail agricole et le travail de construction, coordonner la guerre et prier. Force est de constater que les cadrans solaires portables de l'Égypte antique permettaient fort bien de savoir de combien de temps on disposait encore avant que les heures chaudes rendent les activités pénibles ou bien encore de savoir combien de temps il restait avant que l'obscurité de la nuit les interrompent.

Il faut ici se souvenir que, dans leurs définitions modernes, la fin (le soir) ou le début (le matin) des crépuscules civil, nautique et astronomique se produit quand le centre du Soleil est abaissé de 6°, 12° et 18° sous l'horizon. Pour un observateur ce sont des moments très subjectifs : pour lui, le soir par exemple, il n'y a qu'une décroissance continue de la luminosité. Il n'y a rien de spécial qui marque le moment calculé des trois crépuscules. Le plus important à considérer ici c'est que dans les régions tropicales¹⁷ il s'écoule environ une heure entre les toutes premières lueurs de l'aube et le lever du soleil; inversement, le soir, la nuit tombe totalement une heure après le coucher du soleil. Les 3 crépuscules définis ci-dessus se succèdent à des intervalles de 20 minutes¹⁸. Ce sont des périodes où précisément en Égypte, l'activité fait sens du fait d'un éclairage résiduel et une chaleur moindre. On peut aussi rapprocher le soin porté à la connaissance des heures matinales et tardives que nous avons évoqué à l'intérêt très marqué que les Égyptiens portaient à la connaissance de l'heure la nuit, intérêt dont nous avons de multiples témoignages : calendriers ou horloges stellaires, clepsydres, importance accordée aux levers héliaques des astres.

¹⁷ Le tropique du Cancer traverse le sud de l'Égypte

¹⁸ http://jean-paul.cornec.pagesperso-orange.fr/heures_lc.htm

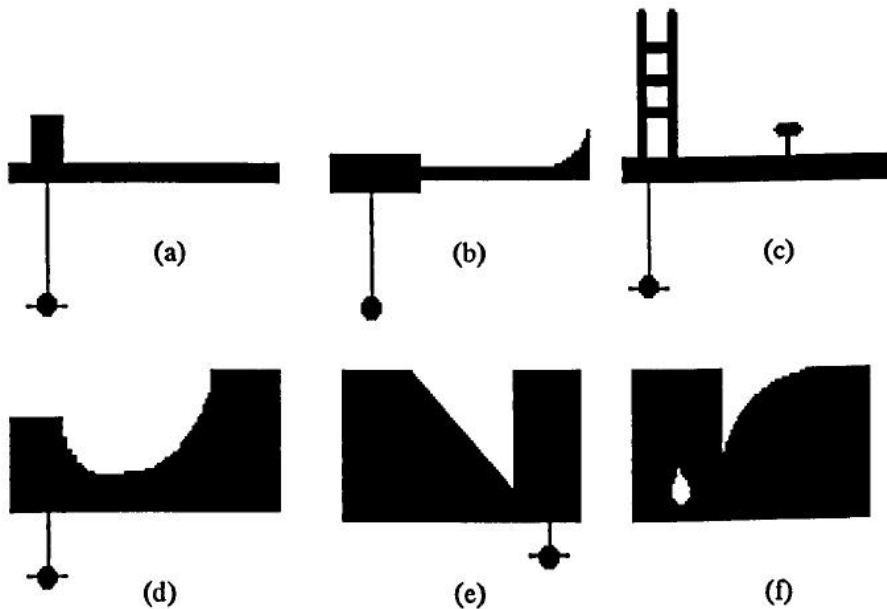


Fig. 11 : hiéroglyphes de l'époque ptolémaïque désignant les cadrans solaires

Les hiéroglyphes¹⁹ qui représentent et désignent le mot cadran solaire ne sont pas répandus mais il en existe plusieurs datant de l'époque ptolémaïque. Le hiéroglyphe de type a) correspond aux deux cadrans conservés au musée de Berlin. Le cadran de type b) est le dessin d'un cadran dérivé du précédent dont l'extrémité a été dotée de gradins vraisemblablement destinés à faciliter la lecture des heures très matinales et des heures très tardives sans avoir à allonger exagérément l'instrument. Le hiéroglyphe de type c) est un cadran avec un gnomon porteur d'ombre en forme de petit portique analogue à celui qui est conservé sur le cadran du musée des sciences de Londres. On note toutefois que ce dernier est en forme de « T » inversé c'est-à-dire symétrique, on n'y a pas retrouvé le clou ou le plot marqueur de l'heure qui est suggéré par le hiéroglyphe et il ne comporte qu'un échelon alors que le hiéroglyphe en montre trois. Les autres types de cadran sont évoqués au paragraphe suivant.

¹⁹ Sarah Symons, *Ancient egyptian astronomy : timekeeping and cosmography in the New Kingdom*, Leicester, 1999

Cadrans solaires à degrés ou à pente

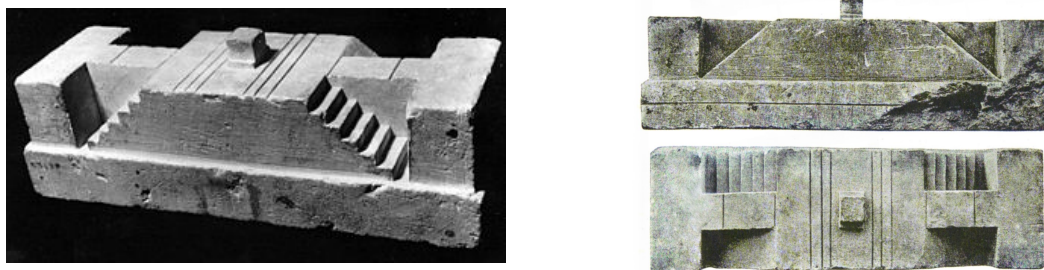


Fig. 12 : Modèle de cadran solaire du Musée du Caire n° d'inventaire 33401

L'objet présenté a fait l'objet de nombreuses interrogations. D'éminents auteurs tels, Borchadt et Schwarzingger y ont vu un cadran solaire à pente et à degrés



Fig. 13 : entrée du mastaba de Seshemnefer

L'objet rappelle par sa forme celle de certains mastabas. La ressemblance du modèle du musée du Caire avec la vue de l'entrée du mastaba de Seshemnefer IV (circa. 2340 avant J.-C.), situé non loin de la pyramide de Khéops est séduisante. La maquette ou modèle réduit d'architecture est le seul exemplaire connu de ce type. Un doute subsiste sur sa nature et son usage en tant que cadran solaire,. Comme le fait remarquer Bonnin, il faut toujours se méfier des hapax, objets ayant une occurrence unique.

Autres cadrans et instruments égyptiens antiques

Cadrans solaires égyptiens plans

L'équipe archéologique de Bâle menée par Susanne Bickel²⁰ a annoncé la découverte en 2013 entre les tombes 29 et 61 de la vallée des rois. Il date de l'époque ramesside.

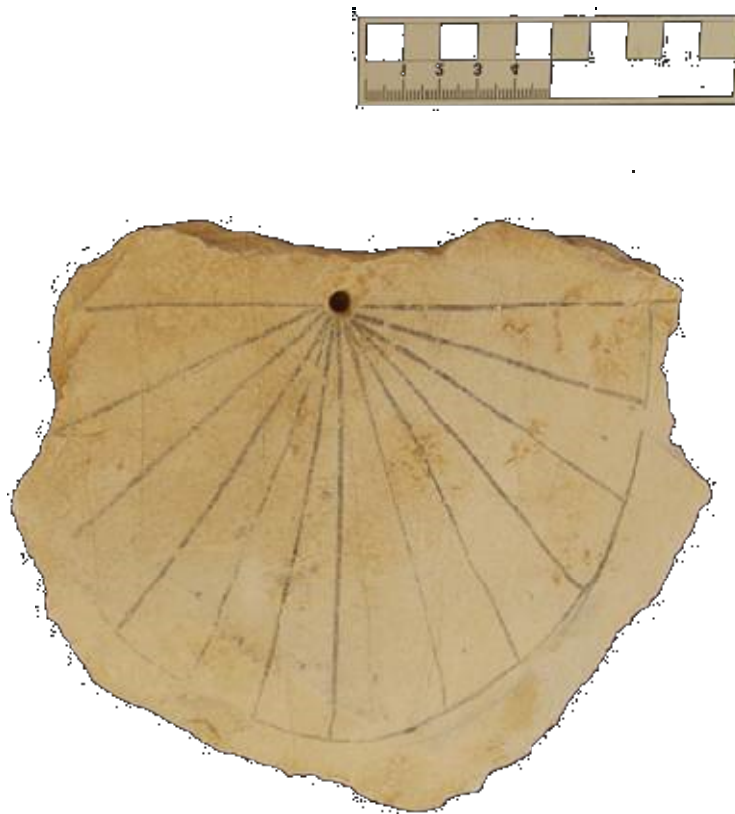
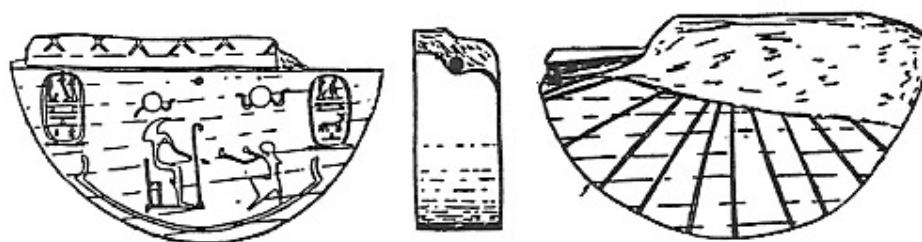


Fig. 14 : Cadran égyptien équiangulaire

Le cadre a été dessiné à l'encre sur un éclat de calcaire. Il s'agit d'un demi-cercle divisé en 12 sections de 15° chacun. Un trou apparent servait à implanter un style apparemment perpendiculairement à la surface du cadran.

²⁰ <http://www.pharaon-magazine.com/actualites/actualit/vall-e-des-rois-d-couverte-dun-cadran-solaire>



Un cadran solaire vertical a été découvert à Gezer²¹ Palestine . Petit disque en ivoire de sept centimètres de diamètre, il est gravé au nom du pharaon Mérenptah (1225–1215 av. J.-C.)

Les viseurs d'étoiles : bay et merkhet

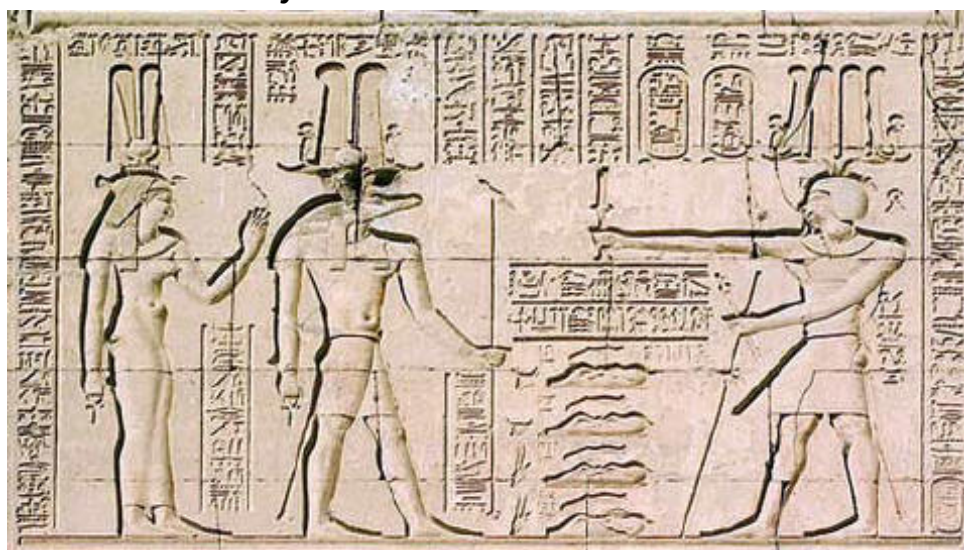


Fig. 15 : le dieu crocodile Sobek utilisant le bay et le merkhet

Les Égyptiens ont mis au point différents instruments de visée qui ont des caractéristiques communes ou voisines de celles des cadrans solaires.

Le merkhet est un Instrument d'observation du passage des étoiles (*merkhet* et *bay*) ivoire et feuille de palmier, XXVI^e dynastie Berlin, PKB, Ägyptisches Museum und Papyrussammlung

Associant un instrument de repérage et une échelle graduée, cet instrument est l'un des premiers outils scientifiques utilisables à la fois pour le repérage et pour l'observation du parcours des étoiles. On pouvait ainsi s'en servir afin de noter le lever et le coucher de certaines étoiles et de situer leur passage au zénith (sur le méridien local) du ciel nocturne. En enregistrant régulièrement ces passages

²¹ 31° 52' N / 34° 55' E

à l'aide d'un instrument de mesure des intervalles (une clepsydre par exemple), les Égyptiens ont pu établir le schéma du parcours des étoiles fixes qui a servi de base à leur système de mesure du temps. L'échelle en L est un *merkhet*, ou « indicateur », et la feuille de palmier à encoche un *bay* en *imy wenu*, ou « nervure de palme de l'observateur des heures ». Ces deux instruments appartenaient à un prêtre du nom de Hor. Le *bay* porte une inscription signalant qu'il sert à « déterminer le début de la fête et placer chacun dans son heure ». Pour se livrer à leurs observations, les deux prêtres devaient s'asseoir au long d'une ligne nord-sud. Le prêtre assis au sud approchait son œil de la fente du *bay* et regardait en direction du nord le fil à plomb pendu au *merkhet* que tenait un assistant placé à faible distance. Tous deux pouvaient alors observer la traversée du méridien par une étoile. Sur le *merkhet*, on lit l'inscription suivante: « Je connais le mouvement de la Lune, du Soleil et des étoiles, chacun à sa place. »

La hauteur et l'ombre des pyramides d'Égypte

Même si les pyramides d'Égypte ne sont pas des monuments solaires destinés à indiquer l'heure, elles ont inspiré le mathématicien grec Thalès (400 av. J.-C. – 300 av. J.-C.) et les commentateurs romains et ont suscité de nombreuses réflexions. La hauteur impressionnante des pyramides²², inaccessible à la mesure directe, a excité la curiosité de celui-ci et l'a incité à trouver une solution mathématique au problème en utilisant l'ombre d'un gnomon. La pyramide de Khéops, la plus élevée, d'une hauteur actuelle de 137 m faisait initialement 146 m de hauteur est également la plus ancienne des sept merveilles du monde de l'Antiquité. Durant des millénaires, elle fut la construction humaine de tous les records : la plus haute, la plus volumineuse et la plus massive. Ce monument emblématique de l'Égypte antique est depuis plus de 4.500 ans scruté et étudié sans relâche. En d'autres termes, le mathématicien grec Thalès conçut une méthode d'évaluation par le calcul en s'interrogeant sur une construction égyptienne qui l'avait précédé de 2.000 ans.

Nous²³ possédons trois versions du calcul par Thalès de la hauteur des pyramides égyptiennes au moyen de leur ombre. La version la plus primitive est celle de Pline . Pline nous dit que Thalès avait trouvé une méthode permettant de mesurer très facilement la hauteur des pyramides et d'autres objets de ce genre; il suffisait de mesurer leur ombre quand elle était égale à la hauteur de l'objet. Mais Pline a oublié d'expliquer au lecteur

La version de Diogène Laërce est un peu plus satisfaisante. Diogène nous dit que Thalès obtenait la hauteur des pyramides en mesurant leur ombre au moment exact où son ombre à lui était égale à la hauteur de son propre corps. – D'après Diogène, Thalès aurait donc découvert que lorsque l'ombre d'un objet vertical était égale à la hauteur de l'objet, on observait (au même endroit à la même époque) le même rapport pour tous les autres objets verticaux. – Mais ce récit est lui aussi naïf, car on se demandera forcément si Thalès ne pouvait mesurer la hauteur cherchée qu'au moment précis de l'égalité de la hauteur et de l'ombre. comment Thalès pouvait savoir à quel moment la hauteur de la pyramide était égale à son ombre.

²³ Ce texte est tiré de SZABÓ Árpád, *L'aube des mathématiques grecques*, Mathesis Librairie philosophique J. Vrin, ISBN 2-7116-1289-1

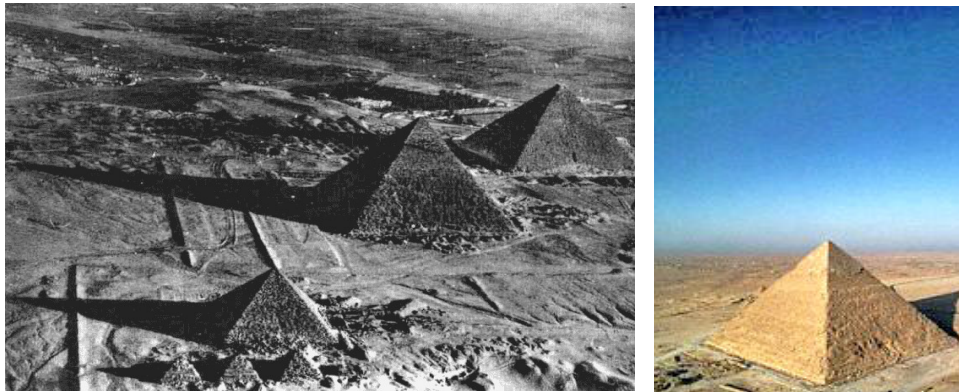


Fig. 16 : mesurer la hauteur des pyramides grâce à l'ombre

La version la plus intéressante pour nous est celle de Plutarque . Selon cette variante, Thalès aurait mesuré la hauteur de la pyramide grâce à un piquet dressé verticalement sur le plan horizontal et placé à l'extrémité de l'ombre, ce qui donnait deux triangles rectangles semblables dont les hypoténuses étaient deux rayons solaires parallèles projetant les ombres de la pyramide et du piquet. Les côtés de l'angle droit du petit triangle de étaient formés par le piquet vertical et son ombre sur le plan horizontal deux grandeurs facilement mesurables. Les côtés correspondants du grand triangle étaient représentés par la hauteur de la pyramide, la grandeur inconnue, et son ombre projetée sur le sol, que l'on pouvait mesurer.

La fascination qu'exercent les pyramides d'Égypte, merveille du monde se retrouve dans les digressions que Saussure introduisit dans une note de bas de page de son ouvrage consacré - paradoxalement - à la Chine²⁴ :

« Biot, qui était à la fois membre de l'Académie des Sciences et de celle des Inscriptions, présenta, en 1845, à ces deux compagnies, un mémoire dans lequel il observait que "avec ou sans la prévision des Égyptiens qui ont érigé la grande pyramide de Memphis, elle a, depuis qu'elle existe, fait l'office d'un immense gnomon qui, par l'apparition et la disparition de la lumière solaire sur ses diverses faces, alors complètement polies, a marqué les époques annuelles des équinoxes et des solstices avec une erreur moindre qu'un jour trois quarts". Cette communication obtint peu de crédit à l'Académie des Inscriptions "près des personnes, d'ailleurs très savantes, pour qui toutes les observations d'équinoxes ou de solstices, anciennement effectuées par les Égyptiens, n'étaient que des conjectures à peu près extravagantes". En effet, d'après les notions modernes, la représentation des phases cardinales (où interviennent la translation annuelle de la Terre autour du Soleil, la rotation diurne et l'inclinaison de l'axe des pôles) peut apparaître comme un concept effroyablement compliqué. Mais pour les anciens, qui observaient simplement la réalité des mouvements apparents, c'était une notion élémentaire (souvent ignorée, de nos jours, des gens cultivés) que l'équinoxe est marqué par le lever et le coucher du soleil sur la ligne est-ouest, qu'en hiver il se lève au nord de cette ligne et au sud en été.

²⁴ Léopold de Saussure, in Les origines de l'astronomie chinoise

Les savants collègues de Biot ne se rendaient peut-être pas bien compte que la simple notion des points cardinaux de l'horizon est d'ordre purement astronomique et que l'orientation exacte (à quelques minutes de degré près) de la pyramide de Memphis avait exigé nécessairement des notions et des opérations très précises (bissectrice des élongations de la polaire ou de l'azimut des levers et couchers du soleil).

Un jeune égyptologue, Mariette, eut alors la curiosité d'aller observer le lever du soleil dans le prolongement des faces de la pyramide et, malgré l'état de dégradation du monument, il obtint la date de l'équinoxe vernal à un jour près. Il fut en outre surpris de constater que les pauvres et ignorants bédouins du voisinage savaient fort bien que la pyramide indique les phases de l'année : « Les habitants de Koneisseh, en particulier, sont plus accoutumés que d'autres à déterminer ainsi les équinoxes, parce que, à ces deux époques de l'année, un peu avant le coucher du soleil, l'ombre de la pyramide de granite située au nord de leur village ; ce que leur cheik m'a signalé comme un fait bien connu d'eux » (*Journal des Savants*, 1855). A plus forte raison était-il connu des prêtres qui déterminèrent l'exacte orientation du monument.

On a là un exemple mémorable des erreurs d'appréciation auxquelles entraîne la défiance inspirée par le sens critique, dans un domaine spécial qui ne lui est pas familier. »

La circonférence de la Terre et l'ombre du gnomon

Ératosthène²⁵ était un astronome, géographe, mathématicien et philosophe grec, membre de l'école d'Alexandrie, dont il dirigea longtemps la bibliothèque, ses contributions dans des domaines aussi variés que la grammaire, la philosophie, la littérature, les mathématiques et l'astronomie sont importantes. Mais il est surtout connu comme mathématicien par le crible d'Ératosthène. Il fut le premier à évaluer avec une bonne précision la longueur de la circonférence de la Terre. Pour cela, il détermina de façon très ingénieuse l'amplitude de l'arc méridien entre Syène²⁶ et Alexandrie²⁷ : ayant appris qu'au solstice d'été le Soleil, à Syène, était à la verticale dans le ciel, puisque ses rayons pénétraient dans les puits les plus profonds, il mesura lui-même, à l'aide de l'ombre projetée par un gnomon, l'angle formé à Alexandrie par les rayons solaires, le jour du solstice d'été, avec la verticale. L'angle ainsi mesuré correspondait exactement à l'angle formé au centre de la Terre par le rayon terrestre de Syène et celui d'Alexandrie et donnait l'amplitude de l'arc intersecté par ces deux villes sur le méridien. Puis il mesura sur le terrain la dimension de cet arc. Il obtint pour la circonférence entière, c'est-à-dire pour le méridien : 252 000 stades, soit près de 40 000 km.

La mesure du méridien terrestre par Ératosthène, au III^e siècle avant notre ère, est relatée dans le *De motu circulari corporum caelestium* de Cléomède²⁸ (vers le I^{er} siècle avant notre ère). Notons au passage que la sphéricité de la Terre est admise depuis au moins le IV^e siècle avant notre ère en Grèce.

²⁵ Cyrène vers 284-Alexandrie vers 192 avant J.-C.

²⁶ Syène aujourd'hui Assouan 24°05' N / 32°54' E

²⁷ 31°12' N / 29°55' E

²⁸ Cléomède, *Théorie élémentaire (De motu circulari corporum caelestium)*, texte présenté et traduit par Richard Goulet, Paris, LibL Phil. Vrin, 1980

Ératosthène part des postulats suivants : 1- Syène (Assouan) et Alexandrie sont situées sur le même méridien ; le Soleil y culmine donc quotidiennement au même moment. 2- la distance qui sépare les deux villes est de 5 000 stades. 3- les rayons solaires frappant différents lieux de la Terre sont parallèles. Le premier postulat est, en fait, inexact : Syène est située à environ 3° plus à l'est qu'Alexandrie, et il y est midi 12 minutes plus tard ; quant au deuxième, tout dépend de la valeur du stade retenue, car celle-ci varie entre 147 m et 192 m.

Ératosthène mesure donc l'angle de l'ombre portée par le cadran solaire à Alexandrie, le jour du solstice d'été, à midi. Il obtient ainsi une distance angulaire entre Syène et Alexandrie égale à la cinquantième partie du cercle, soit 7°. En conséquence, puisque la distance linéaire de Syène à Alexandrie a été fixée à 5 000 stades, la circonférence de la Terre doit être de $50 \times 5\,000 = 250\,000$ stades, soit 46230 km (pour une valeur intermédiaire du stade). C'est une excellente approximation par rapport à la valeur moderne du méridien terrestre, qui est de 39 941 km.

Quand le Soleil illumine les statues

Dans l'Égypte ancienne, un autre phénomène en relation avec les jeux de l'ombre et de la lumière est digne d'intérêt. Il ne s'agit pas de cadrans, ni des gnomons et il n'y a pas d'ombre projetée... et pourtant les rayons du Soleil indiquent la date et signalent le moment [...]. On trouve dans les temples encore visibles aujourd'hui nombre de phénomènes d'éclairage solaire [...]. Mais en l'occurrence, les Égyptiens n'utilisaient pas ces connaissances pour déterminer l'heure du jour. Ils s'attachaient plutôt à éclairer telle ou telle statue des dieux à un moment déterminé par un jeu de fentes judicieusement placées dans des allées dont les angles étaient savamment calculés. Ils jouaient, faisant parfois preuve de génie, avec la position du Soleil dans le ciel de manière que le sanctuaire qui se situait en général au bout d'un couloir soit atteint par les rayons du Soleil au moment voulu. Pour illustrer ses propos, nous pouvons citer le temple d'Horus vers Memphis, dont le sanctuaire est éclairé tous les jours à midi par un rayon de Soleil provenant de l'entrée et se propageant au long du couloir. On trouve le sensiblement le même phénomène à Philoe à la chapelle d'Isis. Mais il convient surtout d'évoquer le cas du temple d'Abou Simbel. C'est au Soleil levant que se produit l'éclairage du sanctuaire durant deux périodes d'une dizaine de jours (centrée autour du 19 février anniversaire de la naissance de Ramsès II et du 21 octobre anniversaire de son couronnement). À noter que durant cette période le Soleil se lève sensiblement au même endroit. Ces deux jours-là, donc, au lever du Soleil, les rayons « enfilent » le couloir du temple et projettent profondément leur lumière sur les statues du saint des saints qui est composé des quatre statues suivantes, celle de Ptah, d'Amon, Ramsès II et de Rê-Horakhry.²⁹ Quant à la statue de Ptah – le dieu qui surgit des ténèbres et les fait surgir – seule son épaule gauche est touchée par le Soleil³⁰.

²⁹ Philippe Forissier, *Les ombres et les heures dans l'Antiquité*, p. XXX (le lecteur prudent sera conduit à procéder à une analyse critique de cette monographie enthousiaste)

³⁰ Christiane Desroches Noblecourt, *Ramsès II*, 2007, p.124



Fig. 17 : le fond du sanctuaire d'Abou Simbel éclairé partiellement par le Soleil³¹

Que les jours d'éclairage correspondent aux jours réels de la vie de Ramsès est très peu probable, dit Leo Depuydt, égyptologue à l'Université Brown. « Le calendrier égyptien était basé sur 365 jours et même s'il était précis, ce calendrier solaire est différent d'une année sur l'autre en termes de minutes », dit Depuydt, qui ajoute qu'il est également difficile de connaître la date exacte de la naissance ou de couronnement de Ramsès II. « Indépendamment de l'alignement, comme le temple fait face à l'est, le Soleil va en éclairer l'intérieur deux fois par an », explique Depuydt, qui ajoute que « l'enthousiasme est le facteur clé, les gens viennent ici pour voir le Soleil dans le temple . Mais ce n'est pas de la science. »³²

Il est certain que les égyptiens avaient la capacité d'orienter précisément leurs bâtiments, temples et pyramides³³. Bien que les statues soient sculptées dans la masse rocheuse, il est difficile d'affirmer avec certitude qu'ils avaient sciemment déterminé que l'éclairage des statues aux dates anniversaires mentionnées précédemment faisait partie du projet initial de construction. S'il ne s'agit pas d'un simple hasard, il pourrait aussi s'agir d'une synchronicité, sorte de rapprochement³⁴ établi a posteriori par l'observateur. Il s'agirait en d'autres termes de la constatation d'une coïncidence à

³¹ <http://www.americas-fr.com/tourisme/sejours/visiter-abou-simbel-le-22-octobre-3480.html>

³² extrait d'un article de Lisa Krause de paru dans National Geographic News (February 21, 2001) http://news.nationalgeographic.com/news/2001/02/0221_abusimbel.html

³³ Yaël Nazé débat en détail de ce sujet dans *L'astronomie des anciens*, p.79. Il précise que des méthodes relativement simples utilisant l'observation des étoiles étaient à la portée des prêtres-astronomes de l'Égypte antique. Une vaste dissertation sur ce sujet est disponible sur http://www.setterfield.org/dodwell_manuscript_8.html Ancient oriented monuments - the solar temple of Amen-Rê at Karnak

³⁴ Synchronicité : rapprochement qui peut résulter du hasard des découvertes ou de la recherche délibérée d'une coïncidence que l'on trouve parce que c'est précisément cette coïncidence que l'on cherche. Nous préférons cette classification aux soupçons reprochant une tentative de justification *a posteriori* ou une uchronie volontaire.

laquelle nous attribuons un sens particulier et qui devient ainsi une source d'étonnement ou de ravissement.

Le piton rocheux du Gebel Barkal

Le Gebel Barkal³⁵ (ou *Djebel Barkal*) est le promontoire rocheux qui domine le site de Napata (Soudan), site d'un temple d'Amon célèbre et capitale du royaume de Kouch à dater de la XXV^e dynastie égyptienne.

Les égyptiens le nommaient le Gebel Barkal la "montagne Pure", et le considérait comme le lieu où résidait le dieu Amon. De fait, dès Thoutmosis III le site est attesté et ne cessera de se développer. Le piton rocheux qui est associé à cette montagne mesure environ 100 m de haut et rend ce lieu tout à fait caractéristique. Sous certains angles cette aiguille de roche ressemble à un cobra couronné soit d'un disque solaire, soit de la couronne blanche, la "hedjet". Sur l'ensemble de l'encadrement de la stèle qui est à son sommet, figurent de petites cavités dont certaines sont encore munies de tenons en bronze qui attestent qu'une feuille d'or³⁶ y était fixée.



Fig. 18 : Le piton rocheux du Gebel Barkal

photo Timothy Kendall

Ainsi chaque matin, l'ensemble étant orienté vers le sud, les premiers rayons du soleil frappaient la stèle dorée et l'éclat du Gebel Barkal pouvait être visible toute la journée à des kilomètres à la ronde tel un phare diurne au milieu de la vallée du Nil.

On ne sait pas si le dispositif que nous venons de décrire a pu constituer un instrument ayant la capacité ou ayant pour but d'indiquer l'heure de manière continue. On pourra par analogie se rapporter au rôle des pyramidions figurant au sommet des obélisques dans la constatation du début et de la fin de la journée. (voir plus bas les considérations relatives aux pyramidions des obélisques en Égypte)

³⁵ 18° 32' N / 31° 49' E

³⁶ Le pays de Koush était connu des Egyptiens comme une région où l'on pouvait trouver de l'or.. Symbole d'éternité, d'immortalité selon les anciens Égyptiens, l'or est la chair de Rê, le métal du Pharaon.

En tout état de cause, le Gebel Barkal était bien perçu comme une manifestation tangible du dieu Amon pour les anciens Égyptiens et Nubiens, voire son lieu de naissance, et devait exercer sur eux une certaine fascination^{37, 38}

Les obélisques en Égypte

Les obélisques égyptiens, atteignant le plus souvent 20 à 25 mètres de haut, pourraient constituer des gnomons verticaux dont l'ombre serait capable de fournir des indications horaires au même titre qu'un cadran solaire. Pourtant, les obélisques de l'Égypte ancienne étaient presque toujours érigés à proximité des murs d'autres bâtiments. Les hauteurs qu'atteignaient ces obélisques, monuments emblématiques induisaient des ombres très longues à la latitude de leur installation en Égypte et elles ne trouvaient généralement pas à leur pied une surface dégagée suffisamment grande pour que de telles ombres puissent s'y étendre.

En effet, les obélisques étaient généralement destinés soit à être intégrés à l'intérieur de l'enceinte d'un ensemble architectural religieux, comme l'exemple de Karnak le démontre, soit ils servaient à signaler l'entrée des temples tout près du mur d'enceinte et dans ce cas ils allaient le plus souvent par deux devant les pylônes des temples. C'est ce qu'atteste la configuration des lieux dans laquelle se trouvaient les obélisques du temple de Louxor, avant que l'un d'entre eux soit prélevé pour être offert à la France.



Fig. 19 : obélisques en situation à Karnak

³⁷ https://fr.wikipedia.org/wiki/Gebel_Barkal site Internet consulté le 28 février 2017.

³⁸ <http://www.jebelbarkal.org/> site Internet consulté le 28 février 2017

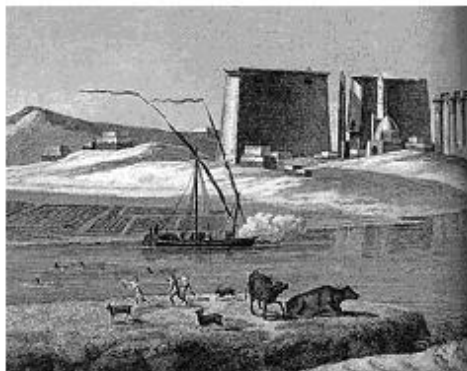


Fig. 20 : Karnak

De plus, la section des obélisques n'est généralement pas constante sur leur hauteur³⁹ ce qui rend l'utilisation de l'ombre de leurs arêtes inutilement compliquée pour la lecture précise de l'heure. Même si les obélisques célèbrent le dieu Soleil Rê, les égyptologues n'ont identifié, parmi les inscriptions hiéroglyphiques portées sur les flancs, aucune mention de leur utilisation en tant que cadrans solaires⁴⁰. L'ombre de la pointe du pyramidion se projette très loin et peut s'avérer difficile à lire avec précision, parfois tremblante du fait du long parcours qu'elle effectue dans une atmosphère chaude.

En Égypte, l'aube était le moment essentiel de la journée, la preuve de la victoire nocturne de Rê sur ses ennemis acharnés à répandre le désordre. Parfois hauts de plus de 30 mètres, et du fait de la rotondité de la Terre, les grands obélisques érigés dans les temples étaient les premiers à accrocher la lumière et à annoncer la victoire du Soleil déifié. Recouverts d'électrum (alliage d'or et d'argent), le sommet pyramidal reflétait la lumière du Soleil levant avant qu'elle atteigne le sol, glorifiant ainsi Rê et rassurant la population⁴¹. C'est ainsi que la pointe des obélisques, si elle est généralement impropre à indiquer l'heure tout au long de la journée peut par convention, être en revanche l'indicateur précieux des instants très précis du lever et du coucher du Soleil, instants que l'observation d'une ombre projetée ne permet pas de déterminer. En effet, la longueur de l'ombre s'accroît indéfiniment à ces instants et simultanément l'intensité de la lumière baisse si considérablement que l'ombre ne peut guère être distinguée de la nuit.

³⁹ En termes géométriques, un obélisque est généralement constitué par un piédestal ayant la forme d'un parallélépipède rectangle de section carrée posé sur le sol sur une de ses deux plus petites faces, surmonté d'un fût constitué d'un long tronc de pyramide à base carrée s'amincissant vers le sommet où une cassure de la pente laisse la place à une courte pyramide dont le point est dressée vers le haut (le pyramidion) également à section droite carrée. Un piédestal tel que celui de l'obélisque de la Concorde, comporte cinq éléments qui se répartissent de la manière suivante : un socle, une base, un dé, une corniche et un acrotère

⁴⁰ Cette absence se vérifie notamment sur les inscriptions hiéroglyphiques de l'obélisque de Louxor et sur celles des obélisques de New-York et de Londres qui portent un surnom injustifié « d'aiguilles de Cléopâtre ». Voir l'article du New York Times publié le 19 août 1878 <https://timesmachine.nytimes.com/timesmachine/1878/08/19/140541452.pdf> et la traduction des hiéroglyphes de Londres https://en.wikipedia.org/wiki/Cleopatra%27s_Needle,_London

⁴¹ *in* L'heure en Égypte ancienne, catalogue de l'exposition du musée des arts et métiers 20 novembre 2001 – 21 janvier 2002, ISSN 1167-4806.

On peut alors considérer que les obélisques égyptiens dotés de pyramidions aussi brillants seraient des compléments précieux aux cadrans solaires en signalant l'heure du lever et l'heure du coucher du Soleil. Par le calcul, on peut déterminer qu'un observateur placé à Louxor et ayant les pieds posés au sol a l'occasion de voir le Soleil quitter le sommet du pyramidion environ 37 secondes après que le Soleil est passé derrière l'horizon et, réciproquement de voir le matin le Soleil illuminer la pointe du pyramidion 37 secondes avant que le Soleil apparaisse au-dessus de l'horizon.

En se basant sur le calcul précédent et des observations qui confirment l'existence de ces décalages temporels sur les édifices de grande hauteur on peut formuler l'hypothèse suivante : ces obélisques pourraient mériter de porter le nom compliqué de « scintillateurs, prédicateurs de l'imminence du crépuscule du matin ou du soir ».

À l'inverse de la détermination précédente, il est intéressant de constater qu'à certaines saisons et heures de la journée, lorsque le Soleil est suffisamment haut dans le ciel, l'ombre portée par le sommet d'un obélisque, donc par un pyramidion peu pointu, n'est pas visible comme une pointe mais laisse la place à un segment de droite. Il s'agit de la projection de la section carrée de la base du pyramidion ou ce qui revient au même du sommet de la « colonne » ou du fût de l'obélisque. Lorsque le pyramidion n'est pas assez pointu, son ombre rentre en quelque sorte à l'intérieur de celle de la section carrée du fût de l'obélisque. Au sol, l'extrémité de l'ombre de l'obélisque paraît donc écrêtée, sans pointe. C'est un segment de droite de plusieurs dizaines de centimètres de longueur ce qui rend l'éventuelle lecture de l'heure que l'on voudrait y voir assez délicate à obtenir, voire impossible à déduire à la fois précisément et commodément.

Exemple de calcul du temps écoulé Δt entre le premier ou le dernier rayon éclairant le sommet du pyramidion et le passage du Soleil à l'horizon :

$$\Delta t = \left(\sqrt{2R_t h_y} - \sqrt{2R_t H_o} \right) \times \frac{24 \times 60 \times 60}{2\pi R_t \cos(lat.)}$$

Cette formule se justifie du fait qu'elle calcule la différence des distances à l'horizon de la hauteur des yeux – et celle de la pointe de l'obélisque) multipliée par la durée d'une journée exprimée en secondes et divisée par le périmètre de la Terre au niveau du parallèle du lieu d'observation, c'est-à-dire la distance parcourue en un jour par la lumière du Soleil sur l'arc terrestre.

Δt	Intervalle de temps en secondes séparant l'apparition, (resp. disparition) du Soleil visible à l'horizon et illuminant le sommet de l'obélisque en secondes	
R_t	Rayon de la Terre (km)	6400
h_y	Hauteur des yeux de l'observateur (m)	1,7
H_o	Hauteur du sommet de l'obélisque (m)	30
$Lat.$	Latitude de Louxor (°)	30
	distance à l'horizon de l'œil en km	4,6
	distance à l'horizon de la pointe de l'obélisque en km	19,5
	écart entre les deux distances à l'horizon en km	14,9
	périmètre du parallèle terrestre à la latitude donnée en m	6 144 667
	nombre de secondes dans une journée (un tour complet)	86400
Δt	temps en secondes séparant l'apparition, resp. disparition) du Soleil vue de l'œil à l'horizon et illuminant le sommet de l'obélisque en secondes	37

N.B. 1 : comme le calcul fait intervenir une différence, on peut ignorer la réfraction qui est supposée avoir le même effet pour la vision depuis les yeux et le trajet de la lumière jusqu'au sommet de l'obélisque

N.B. 2 : on assimile la distance faible séparant les deux horizons visibles à une droite

N.B. 3 : le calcul n'est pas lié à la durée d'éclairement du jour, il est valable qu'elle que soit la date de l'année considérée et ne dépend que de la vitesse de rotation de la Terre

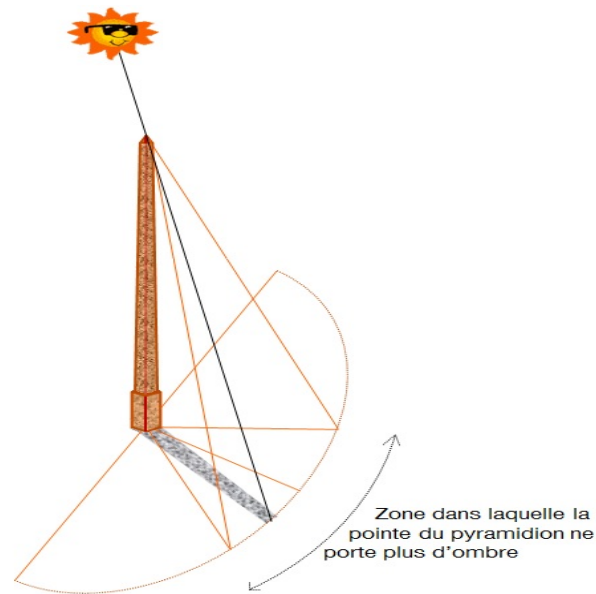


Fig. 21 Effacement de l'ombre du pyramidion aux heures chaudes

Tout ceci laisse à penser, tout comme l'absence de traces ou de repères retrouvés au sol en Égypte, que l'usage de l'obélisque comme cadran solaire de précision donnant l'heure tout au long de la journée n'était pas recherché par les Égyptiens⁴².

Selon François Chabas, les obélisques ont été entièrement dorés et offraient ainsi un spectacle étincelant en présence du Soleil tout au long de la journée⁴³.

« Les obélisques que les Pharaons élevèrent à l'envi devant les principaux temples de leur empire n'avaient pas seulement un but décoratif ; généralement dédiés au soleil (Ra) ou à Ammon, ces aiguilles hardies avaient deux significations symboliques bien distinctes : d'une part elles figuraient les rayons solaires. Sur l'obélisque Flaminien, par exemple, Sétî I^{er} se vante d'avoir rempli Héliopolis d'obélisques, pour illuminer cette ville de leur rayonnement. Entièrement dorés, les obélisques devaient, en effet, répandre de vives lueurs en reflétant l'ardent soleil du ciel égyptien.

⁴² Même si de nombreux ouvrages se plaisent à évoquer le contraire, ce constat très net est déjà confirmé par Bigourdan dans son ouvrage de 1956 *Gnomonique ou traité théorique et pratique de la construction des cadrans solaires suivi de tables auxiliaires relatives aux cadrans et calendriers*, Paris, 1956, Gauthier-Villars, p. 3 à 6.

⁴³ On se référera à ce sujet à la mention figurant dans l'introduction de la *Traduction complète des inscriptions hiéroglyphiques de l'obélisque de Louqsor, place de la Concorde à Paris* traduction en français publiée en 1868 par François Chabas.
https://fr.wikisource.org/wiki/Traduction_compl%C3%A8te_des_inscriptions_hi%C3%A9roglyphiques_de_l%E2%80%99ob%C3%A9lisque_de_Louqsor,_place_de_la_Concorde_%C3%A0_Paris

En second lieu, ils symbolisaient l'idée de fixité, de permanence. C'est pour ce motif que le hiéroglyphe de l'obélisque, quoiqu'il ait pour valeur phonétique s'emploie, dans l'orthographe des basses-époques, pour écrire le nom d'Ammon, dont la dernière syllabe men, mon, exprime cette idée de stabilité. »

Chabas, en se basant sur les écrits hiéroglyphiques mentionnés, ne fait pas référence au fait que les Égyptiens auraient pu avoir l'intention d'évoquer le temps qui passe ou le défilement des heures de la journée, lorsqu'ils ont édifié et contemplé les obélisques.

Même si cette interprétation est restée tentante pour de nombreux auteurs jusqu'à aujourd'hui, les obélisques n'ont donc pas été conçus, ni utilisés dans l'Égypte antique pour indiquer l'heure tout au long de la journée comme le fait un cadran solaire. Bigourdan commente l'emploi ou le réemploi qui peut être ou a pu être fait des obélisques pour les transformer en gnomons acceptables. Il indique qu'ils peuvent ou ont pu être préalablement munis d'une boule terminale projetant ainsi une ombre plus nette, laquelle boule est percée d'un trou laissant passer la lumière du Soleil. Il mentionne également que lorsqu'on ne dispose pas d'une aire horizontale suffisamment longue pour y projeter l'ombre ou la lumière, on peut se résoudre à les projeter sur « le mur d'en face » à la façon de ce qui est pratiqué à l'église Saint-Sulpice de Paris, par exemple.⁴⁴

Les réemplois des obélisques hors d'Égypte

Il a été et il reste quand même tentant pour beaucoup d'utiliser l'ombre projetée par l'extrémité d'un obélisque. Bien après leur création, quelques obélisques égyptiens transplantés ont donc été transformés après quelques millénaires en cadrans solaires.

Ainsi, les Romains de l'Antiquité ont cédé à ce désir en ajoutant un globe de bronze percé d'un trou laissant passer la lumière au sommet de l'obélisque.

Par ailleurs, les Parisiens de l'époque moderne ont utilisé la pointe du pyramidion pour fournir une ombre indiquant l'heure et la date de manière relativement peu précise⁴⁵, selon le principe du cadran analemmatique⁴⁶.

L'obélisque de la piazza di Montecitorio à Rome

L'*obeliscus augusti*⁴⁷, obélisque en granit rouge de Syène pèse 230 tonnes et mesure 21,79 mètres de haut fut érigé au temple de Rê à Héliopolis (littéralement la ville du Soleil, sic !) au VII^e av. J.-C. par Psammetichus II⁴⁸ (595 à 589 av. J.-C.) de la XXVI^e dynastie. Il fut transporté à Rome en 10 av. J.-C. sur

⁴⁴ G. Bigourdan, *Gnomonique ou traité théorique et pratique de la construction des cadrans solaires suivi de tables auxiliaires relatives aux cadrans et calendriers*, Paris, 1956, Gauthier-Villars, p.4 à p.8.

⁴⁵ https://fr.wikipedia.org/wiki/Ob%C3%A9lisque_de_Louxor?tableofcontents=1

⁴⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Ob%C3%A9lisque_de_Louxor?tableofcontents=1

⁴⁷ Samuel Ball Platner, *Obeliscus Augusti*, in *A Topographical Dictionary of Ancient Rome*, London, Oxford University Press, 1929

L. Richardson Jr, *Obeliscus Augusti (Gnomon)*, in *A Topographical Dictionary of Ancient Rome*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1992

⁴⁸ L'obélisque porte des inscriptions hiéroglyphiques (lacunes importantes) au nom de Psammétique II

ordre d'Auguste et il a donc été transformé alors, bien après sa création, en cadran solaire avec pavements de marbres et repères en laiton, dans la partie septentrionale du Champ de Mars, à peu de distance de son emplacement actuel place de Montecitorio..

L'obélisque a été placé soigneusement de manière à ce que son ombre atteigne l'autel dédié à la paix construit par Auguste l'Ara Pacis, la même année, en date du 23 septembre, anniversaire de l'empereur et équinoxe d'automne.



Fig. 22 : Monnaie romaine antique frappée de l'obélisque d'Auguste

L'*Horologium Divi Augusti*, le nom donné au cadran solaire, n'est pas resté précis bien longtemps; Pline l'Ancien (23-79 apr. J.-C.) mentionne dans son *Historia Naturalis* (Livre XXXVI, XV) que les indications ne sont plus fiables.

« XV. (X.) [1] De celui [l'obélisque] 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.

[2] Celui-ci plaça au haut de l'obélisque une boule dorée dont l'ombre se ramassait sur elle-même, au lieu que l'ombre projetée par la pointe même s'étendait énormément : on dit que ce procédé lui fut suggéré par l'aspect de la tête humaine. Au reste, depuis trente ans environ, les observations ont cessé d'être justes; soit que le Soleil lui-même ait changé son cours par quelque dérangement survenu dans le ciel; soit que la terre entière ait été un peu déplacée de son centre, comme j'entends dire qu'on l'a remarqué aussi en d'autres lieux; soit que des tremblements de terre bornés à Rome aient fait fléchir le gnomon; soit que les inondations du Tibre aient fait tasser les

fondements de l'obélisque, quoiqu'on prétende que ces fondements sont aussi profonds que l'aiguille est haute.⁴⁹ »

La hauteur totale de l'obélisque qui monté sur un piédestal et surmonté d'un globe atteint 34 m est telle qu'elle nécessiterait, en principe, d'être entourée d'une chaussée plane en forme de demi-ellipse ayant un grand-axe de plus de 430 m de longueur et un petit axe de plus de 50 m. Ce serait donc une place tout à fait immense; à titre de comparaisons, la place Saint Pierre de Rome dans sa plus grande dimension est une ellipse dont le grand axe ne mesure que 240 m et la surface nécessaire au cadran de *l'obeliscus augusti* équivaldrait, à peu près, à celle de dix terrains de football. Des fouilles récentes ont permis d'en retrouver des fragments portant des inscriptions en lettres de bronze datant d'une restauration du temps d'Hadrien[1]

L'adjonction du globe de bronze percé de trou a, de fait, substitué à l'indication de l'heure tout au long de la journée grâce à une ombre par l'indication de l'heure grâce à une tache de lumière aux environs de midi lorsque le trajet de la lumière et les ombres sont les plus courtes, convertissant ainsi l'obélisque- gnomon en méridienne. Encore debout au VIIIème siècle après J.C., l'obélisque finit par s'écrouler au X^e ou XI^e siècle. Après avoir été oublié, il ne fut retrouvé qu'en 1512. En 1587, le pape Sixte-Quint projeta de le restaurer et ordonna des fouilles. Mais il y renonça devant le mauvais état du monument, brisé en de multiples fragments. Il fut donc remblayé. On le sorti de terre en 1748. sous le pape Benoît XIV, devant le n° 3 de la *piazza del Parlamento* Après plusieurs essais infructueux pour l'ériger de nouveau, le Pape Pie VI le fit réinstaller le 14 juin 1792 place de Montecitorio,, face au bâtiment du Parlement, avec un globe de bronze à son sommet.

L'obélisque est en effet surmonté d'une sphère de bronze ajourée et doté d'une pointe, avec une bande zodiacale et des étoiles de bronze rapportées redonnant une nouvelle fois à *l'obeliscus augusti* sa fonction de cadran solaire. Dans le pavement de la place a été incrustée une méridienne sur laquelle se projettent les rayons du Soleil passant à travers la fenêtre ménagée dans le globe de bronze.

⁴⁹ Traduction de Littré



Fig. 23 : la place de Montecitorio aujourd'hui

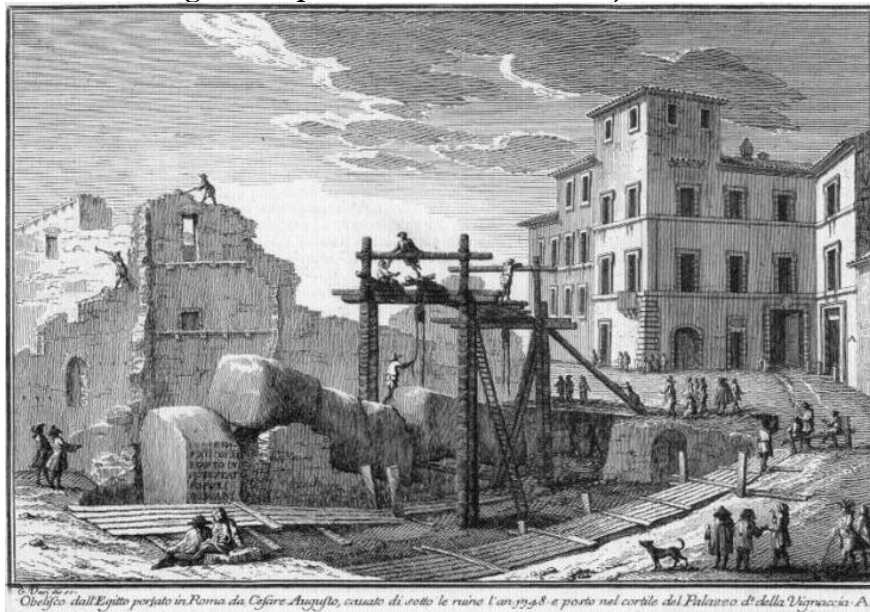


Fig. 24 : Travaux de remise au jour de l'obélisque du Montecitorio en 1748 :
L'obélisque est remis au jour... en mille miettes ! ()

Dans le texte d'accompagnement de la gravure datée de 1752 portant sur la Piazza del Popolo Giuseppe Vasi décrit longuement l'obélisque que le Pape Sixte V il placé à la fin du XVIe siècle; Vasi, comme une conséquence logique de cette description, a ajouté une plaque supplémentaire pour montrer un autre obélisque qui à l'époque, où il publiait ses eaux-fortes a fait l'objet de beaucoup de discussions pour savoir où il devait être placé. Cet obélisque avait été mis au jour en 1748 lorsque quelques petites maisons derrière Palazzo di Montecitorio ont été détruites pour faire place à un grand bâtiment appartenant aux moines augustins de S. Maria del Popolo; l'obélisque était brisé en cinq pièces majeures, mais certaines parties étaient absentes ou avaient été endommagés par le feu.

La plaque indique la machinerie construite pour soulever les blocs et une sorte de piste pour les déplacer; l'un des blocs montre l'inscription dédicatoire dicté par l'empereur Auguste (vous pouvez la voir dans l'image utilisée comme fond pour cette page); la plaque montre également vers la gauche les bâtiments qui ont été abattus et vers la droite le Palazzo della Vignaccia, dans la cour duquel l'obélisque qui a été temporairement déplacé. Il fut finalement réérigé sous le pontificat de Pie VI (entre 1787 et 1792) au milieu de la piazza di Montecitorio,, devant le palais du même nom, siège du parlement italien depuis 1871. Les divers fragments n'ayant pas permis de reconstituer la totalité de l'obélisque, surtout à la base, il lui fut adjoint du granite emprunté aux restes de la colonne Antonine, située aux environs immédiats. Ainsi complété, le monument offre un aspect des plus satisfaisants.

L'obélisque de la place de la Concorde à Paris

En Égypte, l'obélisque qui est ensuite devenu l'obélisque de la place de la Concorde se dressait, avec son frère jumeau, près du pylône du Temple de Thèbes - Louqsor. Il fut édifié par Ramsès II vers 1250 av. J.C.

À plusieurs reprises au cours du xx^e siècle, des gnomonistes ont cherché puis réussi à le transformer en cadran solaire géant⁵⁰.

Érigé au centre de la place, l'obélisque de granit rose, vieux d'environ 3300 ans, avait été offert à la France par Muhammad Ali, Vice-Roi et Pacha d'Égypte en 1831. Sous la conduite de Champollion, l'obélisque fut embarqué en décembre 1833 et transporté à bord d'un bateau construit spécialement, jusqu'à Paris. Le 25 octobre 1836, à l'issue d'un voyage de quatre années, il est installé place de la Concorde en grande cérémonie en présence discrète du roi Louis - Philippe. Sur le socle qui a été placé sous l'obélisque ont été décrits les moyens techniques qui ont permis son transport et son érection sur la place.

Le monument, d'un poids de 230 tonnes mesure 23 mètres de hauteur et est recouvert d'hiéroglyphes. Il est posé sur un socle moderne de granite breton de 9 mètres de haut⁵¹.

En 1913, l'astronome Camille Flammarion, fondateur de la Société Astronomique de France, proposait à la Ville de Paris de tracer sur la place de la Concorde les lignes du "plus vaste cadran solaire du monde". L'arrivée de la guerre de 1914 ne lui a pas permis de réaliser ce rêve. En 1938, Daniel Roguet, architecte DPLG, architecte de l'Observatoire de Juvisy, membre du Conseil de la S.A.F, avec la collaboration des Ingénieurs et Géomètres de la Ville de Paris et du Service Géographique de l'Armée, reprend le projet de Flammarion. La devise prévue était celle de la Ville de Paris : *Fluctuat nec mergitur*. Les travaux sont commencés au printemps 1939, mais ont été interrompus la même année par le déclenchement de la deuxième guerre mondiale. Les traces de ce projet de cadran, sont visibles : creusées dans le sol de la chaussée qui entoure le parterre au Sud de l'obélisque, cinq lignes horaires devaient aboutir à des plots en bronze portant les indications des heures et des saisons. Quelques soixante ans plus tard, un nouveau projet de Philippe de la

⁵⁰ Les difficultés et les limites physiques rencontrées dans l'élaboration de cadrans solaires de grandes dimensions sont décrites dans l'article de Pierre Gojat, *Les cadrans solaires géants in Le Gnomoniste* Volume XVI numéro 3, septembre 2009

⁵¹ https://www.musee-marine.fr/sites/default/files/dp_obelisque.pdf

Cotardière et de Denis Savoie, alors Président de la Commission des Cadrans Solaires de la Société Astronomique de France finit par aboutir et conduit à l'inauguration du cadran solaire le 21 juin 1999.

Un tableau situé près de l'obélisque indique la correction à apporter pour connaître l'heure du xx^e et du xxi^e siècles. La « reconversion » du monument est restée quelque peu méconnue, voire oubliée et n'est plus vraiment visible ni utilisable, du fait de la circulation incessante des véhicules.



Fig. 25 : Quelques traces de la conversion éphémère de l'obélisque de Louxor en cadran solaire

En revanche l'adoption de la dorure de son pyramidion, reconstitué à l'époque moderne a beaucoup plus fait parler d'elle. Le pyramidion d'origine qui remontait au xiii^e siècle avant notre ère et avait été constitué à partir d'électrum, un alliage naturel composé à 75 % d'or. Il a probablement été volé au iv^e siècle avant Jésus-Christ par les envahisseurs assyriens ou perses, comme toutes les couvertures des obélisques égyptiens⁵². La reconstitution actuelle permet bien ainsi d'observer à nouveau les scintillements des crépuscules à Paris.



Fig. 26 : Le pyramidion reconstitué de l'obélisque de Louxor à Paris

⁵² *Le Monde* 15 mai 1998 https://www.lemonde.fr/archives/article/1998/05/15/du-haut-de-ce-pyramidion-dore-trente-deux-siecles-contemplant-la-concorde_3649995_1819218.html