LE TEMPS



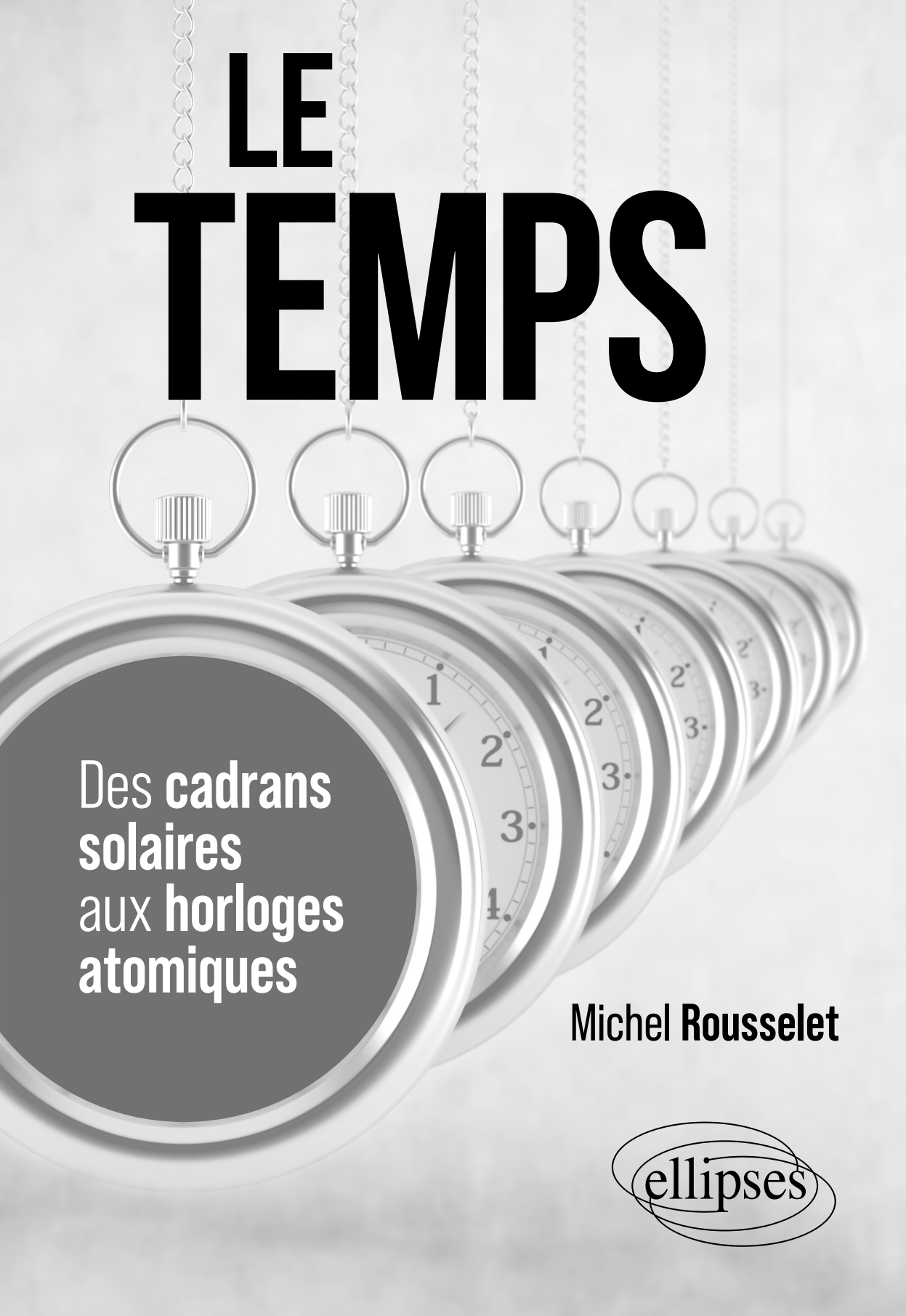
Des **cadrans solaires** aux **horloges atomiques**

Michel **Rousselet**

ellipses

LE TEMPS

LE TEMPS



Des **cadrans solaires** aux **horloges atomiques**

Michel **Rousselet**

ellipses

Du même auteur :

– *La conquête spatiale entre science et science-fiction*, Ellipses, 2024.

Conception graphique couverture : Éric VIGIER

ISBN 9782340-108721

Dépôt légal : octobre 2025

©Ellipses Édition Marketing S.A.
8/10 rue la Quintinie 75015 Paris



Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

Avant-propos

« Le temps passe »
« Le temps s'écoule lentement »
« Je n'ai pas le temps »
« Avec le temps, tout change ! »
« Le temps efface les peines »
Ces phrases sont banales mais que désigne exactement le mot « temps » qui figure dans chacune ! Sans pouvoir nécessairement le préciser, chacun en a une idée car la notion de temps est familière à tous. Au IVe siècle déjà, réfléchissant sur le temps, saint Augustin faisait la remarque suivante : « *Qu'est-ce donc que le temps ! Si personne ne m'interroge, je le sais ; si je veux répondre à cette demande, je l'ignore.*[1] »
Le mot « temps » a des sens multiples. Dans la phrase « *combien de temps te faut-il pour terminer ce travail !* », il désigne une durée mais, dans la phrase « *je n'ai pas connu le temps de la marine à voile* », il désigne une époque passée !
Souvent, les mots du temps défient la logique quand on essaye de les analyser. Ainsi l'affirmation « *le temps comprend trois parties ; le passé, le présent et le futur* » énonce une vérité communément admise. Pourtant, au IVe siècle, Saint Augustin avait mis sa vérité en doute en soulignant que « *ce n'est pas utiliser des termes propres que de dire il y a trois temps, le passé, le présent et l'avenir puisque le passé n'est plus et que l'avenir n'est pas encore*[2] *».*
Dans une interview donnée le 10 novembre 2015 au magazine *M. le Mag*, supplément dominical du journal *Le Monde*, l'astronome Hubert Reeves (1932-2023) rappelait que les gens considèrent généralement que le temps est « *un cadre dans lequel se situent les événements, mais sans autre rapport avec eux que de les contenir. Dans cette vision du monde, il n'y a pas de rapport entre le temps et ce qui s'y passe* ». Il rappelait également comment Albert Einstein avait totalement bouleversé notre vision du temps avec sa théorie de la Relativité : « *La densité de matière dans un lieu donné influence le rythme de passage du temps dans cet endroit. Au fond d'une vallée, le temps passe plus lentement qu'au sommet d'une montagne. Près d'un trou noir, il s'arrête. Nous devons constater que, contrairement à notre intuition et à la physique dite classique, il y a un rapport intime entre le temps, l'espace et la matière. Ils s'influencent mutuellement. Difficile à comprendre… Nous ne savons rien dire de plus, c'est comme ça*[3] *!* »

1. Saint Augustin, *Confessions*, Livre XI, chapitre 14, Garnier-Flammarion 2020.
2. Idem.
3. Hubert Reeves. 10 novembre 2015.

Pour comprendre le sens de l'expression « *le temps passe* », au fil des études sur le temps que présente cet ouvrage, nous essayerons d'apporter des réponses aux questions suivantes :
– comment et pourquoi a-t-on créé les calendriers ?
– comment et pourquoi a-t-on inventé les cadrans solaires, les clepsydres et les horloges ?
– les horloges et les montres mesurent-elles le temps ?
– que pensaient du temps des philosophes comme Héraclite, Aristote, Platon, Augustin d'Hippone ou Kant ?
– comment Galilée, Newton et Albert Einstein comprenaient-ils le temps ?
– les œuvres de certains poètes, Ronsard, Baudelaire ou Apollinaire par exemple, permettent-elles de mieux comprendre la relation qui existe entre le temps vécu par les hommes et le temps objectif de la science ?
Les réponses apportées pourront peut-être nous permettre de découvrir la nature du temps.

Sommaire

— 3400 : Le calendrier sumérien 7
— 3200 : Le calendrier des pharaons 10
— 3100 : Le temps double des anciens Égyptiens 12
— 2150 : Les horloges stellaires des prêtres égyptiens 14
— 2000 : L'invention du gnomon 17
— 1800 : La mesure du temps à Babylone 20
— 1500 : Clepsydres et règles en L en Égypte 23
— 841 : Les clepsydres chinoises 26
— 750 : Comment Homère concevait-il le temps ? 28
— 700 : Les calendriers de la Grèce antique 31
— 520 : L'emploi scientifique du gnomon en Grèce 34
— 500 : Le temps selon Héraclite 37
— 460 : Les paradoxes de Zénon d'Elée 40
— 340 : Le temps selon Platon et Aristote 43
— 300 : Cadrans solaires et scaphés 46
— 270 : Les horloges hydrauliques des Grecs 49
— 150 : Le quadrant de hauteur 52
— 140 : Quelle est la durée d'une saison ? 55
— 130 : Lire l'heure dans le ciel 58
— 45 : Les calendriers des Romains 61
240 : Le temps selon Plotin et Augustin 64
250 : Les trois calendriers des Mayas 67
620 : L'Islam et ses cinq prières quotidiennes 70
634 : Le calendrier des musulmans 72
720 : Le calendrier médiéval des chrétiens 75
725 : Les horloges hydrauliques chinoises 78
800 : Les « heures » canoniales de l'Église 81
820 : La Maison de la Sagesse à Bagdad 84
825 : Le quadrant horaire à fil à plomb 87
875 : Lire l'heure sur un astrolabe 90
1150 : Les horloges hydrauliques arabes 93
1230 : Le temps mène à la vieillesse et à la mort 96
1310 : Le cadran solaire équatorial 99
1338 : Le temps mesuré par un sablier 102
1361 : Nicole Oresme utilise le paramètre temps 105
1370 : Les horloges mécaniques à foliot 108
1371 : Le cadran solaire horizontal 111
1545 : Cueillez, cueillez les roses de la vie 114
1581 : Un instrument pour lire l'heure la nuit 117
1582 : Le calendrier grégorien 120
1604 : Pour Galilée, le temps est un nombre 123
1609 : Les trois lois de Kepler 126
1632 : La relativité galiléenne 129
1641 : Le pendule de la cathédrale de Pise 132
1644 : Le temps selon Descartes et Pascal 135
1656 : L'horloge à pendule de Huygens 138

1658 : La jeune comédienne et le vieux beau 141
1672 : La période d'un pendule dépend de la latitude 144
1676 : La vitesse de la lumière n'est pas infinie 147
1687 : Le temps selon Isaac Newton 150
1690 : Les mots du temps au XVII[e] siècle 153
1700 : La mathématisation du temps 156
1717 : Le temps selon Leibniz, Hume et Kant 159
1752 : L'équation du temps 162
1761 : L'invention du chronomètre de marine 165
1812 : La création des montres-bracelets 168
1840 : Les horloges électriques 171
1857 : L'horloge menaçante 174
1884 : Les fuseaux horaires et l'heure GMT 177
1891 : La France instaure une heure légale 180
1892 : Les formules de Lorentz 183
1905 : La théorie de la Relativité restreinte 186
1905 : La simultanéité des événements 189
1905 : La marche des horloges 192
1905 : La synchronisation des horloges 195
1908 : L'espace-temps de Minkowski 198
1908 : Selon le philosophe McTaggart, le temps est irréel 201
1908 : L'organisation « scientifique » du temps de travail 204
1911 : Le paradoxe des jumeaux 207
1912 : Événements, dates et histoires 210
1913 : Une horloge pour mesurer l'âge de la Terre 213
1913 : Le temps passé ne revient jamais 216
1915 : La Relativité générale et le temps 219
1927 : Les horloges et les montres à quartz 222
1931 : Comment estimer l'âge de l'Univers ? 224
1936 : Une horloge mesure-t-elle le temps ? 227
1938 : La cinématique enseignée au Collège 230
1946 : Comment l'enfant apprend-il le temps ? 233
1950 : La datation par le carbone 14 236
1960 : Peut-on voyager dans le temps ? 239
1962 : Les horloges biologiques 242
1966 : La cinématique enseignée au lycée 245
1967 : Le temps des horloges atomiques 248
1972 : Le temps universel coordonné 251
1984 : Le temps selon le sociologue Norbert Élias 254
2016 : En attendant Godot 257
2025 : Le temps n'est-il qu'une illusion ? 260
Bibliographie et sites internet 263
Remerciements 266

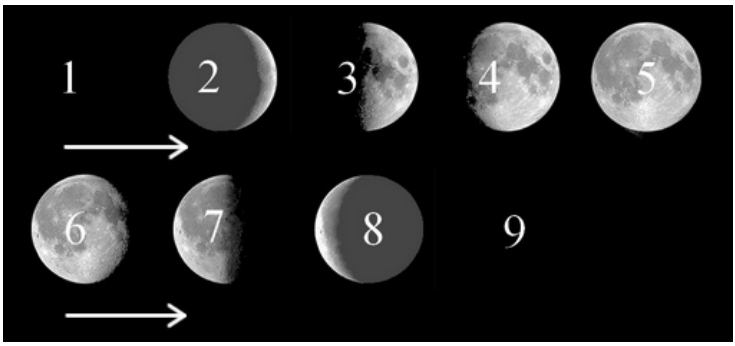
– 3400 : Le calendrier sumérien

Située entre deux fleuves, le Tigre et l'Euphrate, la Mésopotamie est une région du Moyen-Orient qui est aujourd'hui partagée entre la Syrie et l'Irak. Cette région a vu se succéder les civilisations sumérienne, akkadienne, babylonienne, assyrienne et chaldéenne. Elle a été conquise par les Perses en 539 avant J.-C.

La plus ancienne civilisation mésopotamienne qui nous soit connue est celle de Sumer. Elle regroupait plusieurs cités États. Dirigée par un roi qui gouvernait en s'appuyant sur les prêtres, chacune avait son propre calendrier. Ces calendriers étaient des calendriers lunaires fondés sur l'observation des phases de la Lune.

Un calendrier lunaire

L'aspect de la Lune change de façon cyclique. Au cours d'une *lunaison*, qui dure entre 29 et 30 jours solaires, elle apparaît sous différentes formes (ou phases). Après la nouvelle lune (1 et 9), phase pendant laquelle notre satellite n'est pas visible, on voit successivement le premier croissant (2), le premier quartier (3), la première lune gibbeuse[1] (4), la pleine lune (5), la deuxième lune gibbeuse (6), le dernier quartier (7), le dernier croissant (8), puis le cycle recommence !



Les phases de la Lune

Après avoir constaté qu'un cycle complet des saisons contient un peu plus de 12 lunaisons, les scribes sumériens ont choisi de partager l'année de leur

1. D'un mot latin signifiant « bossu ».

calendrier en 12 mois ayant alternativement 29 et 30 jours. La durée d'un mois est donc à peu près celle d'une lunaison, tantôt un peu plus courte et tantôt un peu plus longue. Comme 29×6+30×6 = 354, le calendrier sumérien possède 354 jours.
Les noms des mois étaient différents d'une cité à l'autre et renvoyaient en général à des activités agricoles (préparation des champs, semailles, récolte) ou à des activités liées à l'emploi des briques (leur fabrication par moulage de l'argile par exemple) ou encore à des fêtes religieuses. Les calendriers indiquaient les dates des événements les plus importants de la vie sociale, économique et religieuse. L'année commençait à l'arrivée du printemps.

Comment reconnaître le 1er jour d'un mois !

À Sumer, chaque nouveau mois commençait avec la nouvelle lune, le soir au coucher du Soleil lorsqu'un fin croissant de lune devenait visible pour la première fois. Il se terminait à la tombée de la nuit, quand la Lune cesse d'être visible.
Pour déceler la fin d'une lunaison et le début de la lunaison suivante, il fallait observer le ciel de façon continue afin de déterminer le moment exact du passage d'un mois au suivant. C'est pourquoi les scribes astronomes attachés à la cour royale observaient le ciel le soir du 30e jour du mois en cours. Si la lune était visible, on considérait que le mois en cours n'avait comporté que 29 jours et le jour de l'observation devenait le premier du mois suivant. En revanche, si la lune n'était pas visible ce soir-là, le jour était « confirmé » comme étant le trentième du mois en cours et c'est le mois suivant, qui ne commencerait que le lendemain soir, qui ne compterait que 29 jours.

Un 13e mois exceptionnel

Puisque l'année des saisons a une durée légèrement supérieure à 365 jours, il y avait chaque année un décalage légèrement supérieur à 11 jours entre le calendrier et l'année des saisons. Au fil du temps, ce décalage s'est accentué et est devenu de plus en plus important. Au bout de 3 années du calendrier sumérien, le début de chaque mois avait reculé d'environ 33 jours et les dates choisies pour marquer le début des saisons étaient complètement décalées et n'avaient plus de sens !
Pour corriger ce décalage, les Sumériens ont décidé de modifier leur calendrier en ajoutant un mois supplémentaire à certaines années, toujours après le 12e mois. Seul le Roi, après avis des plus hauts dignitaires religieux, avait le pouvoir d'organiser et de modifier le calendrier. Il pouvait choisir le moment et la date à laquelle procéder pour ajouter un mois supplémentaire au

calendrier de l'année en cours. En moyenne, une année de 13 mois apparaissait tous les 3 ans.

La chronologie des événements historiques

Comme en Égypte, pour conserver la mémoire des grands événements de l'histoire de la cité, on numérotait les années pendant lesquelles un roi avait régné et on leur associait les actions importantes accomplies par ce souverain : ses victoires militaires, la construction d'un temple, etc. On se souvenait du règne d'un roi grâce à deux dates : celle de son accession au trône et celle qui marquait la fin de son règne.

– 3200 : Le calendrier des pharaons

3200 ans avant notre ère, les royaumes de Haute Égypte et de Basse Égypte ont été unifiés pour former l'empire égyptien, celui des pharaons. Cet empire a duré plus de 3 000 ans avant d'être conquis par des peuples étrangers, les Perses d'abord, puis les Grecs et enfin les Romains.

Le calendrier archaïque

Peuple d'agriculteurs vivant principalement de la culture du blé, les Égyptiens ont d'abord conçu l'année comme le temps nécessaire à l'obtention des récoltes. Pour construire leur premier calendrier, ils ont cherché à concilier la durée des lunaisons avec le retour régulier des saisons en dotant l'année de 12 mois de 30 jours, ce qui représente à peu près 12 lunaisons. Chaque mois était partagé à son tour en 3 décades de 10 jours chacune. L'année du premier calendrier égyptien possède donc 360 jours mais, comme l'année des saisons dure en réalité un peu plus de 365 jours, l'année du calendrier était en retard d'un peu plus de cinq jours sur l'année des saisons.



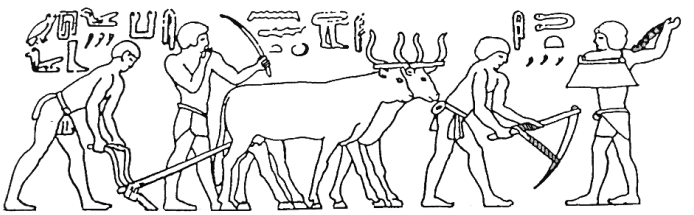
Mesure du grain après la récolte. D'après une fresque de la vallée des artisans

Peu à peu, au fil des années, ce décalage est devenu de plus en plus important. Les dates choisies dans le calendrier pour marquer le début des saisons ne retrouvaient leurs places exactes dans le cycle des saisons que tous les 72 ans ! Les paysans ne pouvaient donc plus se fier au calendrier pour prévoir les travaux des champs. Il fallait donc changer le calendrier.

Le calendrier nilotique

En Égypte, le Nil déborde chaque année et enrichit la terre de ses alluvions. À Héliopolis, les scribes avaient observé que le lever héliaque de l'étoile Sothis, qu'on appelle aujourd'hui Sirius, coïncidait à peu près avec le début de cette

inondation. Après avoir été visible pendant presque 300 jours, Sothis cesse de l'être pendant 70 jours environ. Sa réapparition dans le ciel se fait au moment du lever du Soleil. Comme les levers héliaques de Sothis se produisaient tous les 365 jours, les prêtres d'Héliopolis ont décidé, voici un peu plus de 4 000 ans[1], de remplacer le calendrier de 360 jours par un nouveau calendrier de 365 jours. Ils ont conservé les 12 anciens mois de 30 jours mais ont ajouté 5 jours supplémentaires qu'ils ont placé à la fin de l'année. Le jour du lever héliaque de Sothis a été choisi comme premier jour de l'année. Celle-ci a été partagée en 3 saisons de 4 mois chacune : *akhet* était la saison de l'inondation, *peret* était celle des semailles et enfin *chémou* était celle des moissons.



Scène de labourage et de semailles. D'après une fresque de la vallée des artisans

La création des années « bissextiles »

Malheureusement, au bout de quelques années, on constata que l'année de 365 jours était encore trop courte car il existait toujours un décalage entre le calendrier et l'année des saisons. Selon le nouveau calendrier, au bout de 120 années, les dates du début des saisons avaient glissé d'un mois complet dans le nouveau calendrier. L'étoile Sothis ne se levait plus au début de la saison de l'inondation. Au bout de 730 ans, les récoltes se faisaient en plein hiver selon le calendrier car le décalage avec les saisons représentait six mois de l'année ! Ce n'est qu'au bout de 1461 ans que le lever héliaque de Sothis eut lieu de nouveau comme cela avait été prévu, c'est-à-dire le premier jour de l'année.
En l'an 238 avant J.-C, les scribes égyptiens s'avisèrent que le décalage du calendrier avec l'année des saisons représentait un jour entier tous les 4 ans. Pour supprimer ce décalage, ils décidèrent d'ajouter tous les 4 ans un jour supplémentaire à l'année du calendrier. Le pharaon Ptolémée III Évergète décréta que « *pour que les saisons se succèdent d'après une règle absolue et conformément à l'ordre du monde, un jour supplémentaire sera intercalé tous les quatre ans entre les cinq jours épagomènes et le nouvel an* ». Mais ce décret ne fut suivi d'aucun effet et les Égyptiens continuèrent à utiliser comme auparavant le calendrier de 365 jours.

1. Voir Paul Couderc, *Le calendrier*, PUF Que Sais-je ! 1948.

– 3100 : Le temps double des anciens Égyptiens

En dépit de l'existence d'un calendrier, les Égyptiens ne percevaient pas le temps comme un flux qui s'écoule de façon continue du passé vers l'avenir. Ils avaient une conception totalement différente qui s'appuyait sur leur religion[1].

En Égypte, chacun pouvait observer un grand nombre d'événements cycliques. Les saisons se succèdent périodiquement et, chaque année, le Nil déborde. Les migrations des oiseaux sont saisonnières elles aussi. Dans le ciel, la Lune connaît des phases croissantes et décroissantes qui se succèdent et reviennent périodiquement. Chaque matin le Soleil se lève et chaque soir il se couche.
Des hommes et des femmes meurent mais des enfants naissent et les remplacent. Une nouvelle année n'est pas celle qui suit la précédente, mais un recommencement. C'est pourquoi le mot égyptien qui désigne une année signifie « *ce qui se rajeunit* ».
De même, au début de son règne, un nouveau pharaon engage la société égyptienne dans un nouveau cycle.

Le cycle de la vie et de la mort

Dans la société égyptienne, la religion occupe une très grande place. Au V^e^ siècle avant J.-C. l'historien grec Hérodote écrira dans ses *Histoires,* après avoir voyagé en Égypte : « *Comparée aux autres civilisations*, *les Égyptiens sont religieux à l'excès* ». L'existence des hommes est envisagée comme un cycle qui commence à la naissance et se termine avec la mort mais, bien que la vie de chaque homme soit relativement courte, ce cycle est perpétuel car il est toujours recommencé, du moins tant que l'ordre du Monde sera maintenu par les Dieux.
Après la mort, un nouveau cycle peut commencer pour chaque homme car celle-ci ne marque que le début d'une nouvelle vie dans l'au-delà, c'est-à-dire dans le royaume du dieu Osiris.

Les Égyptiens et la vie éternelle

Pendant toute sa vie, chaque Égyptien était préoccupé par la mort qui viendrait nécessairement. Dans la mesure de ses moyens, il devait préparer la

1. Voir, dans ce livre, le texte « – 2150 : Les horloges stellaires des prêtres égyptiens ».

« *maison d'éternité* » qui abriterait son corps après la mort. Cette maison d'éternité pouvait être une simple tombe creusée dans la terre, un édifice funéraire plus important, un mastaba ou une pyramide.
Dans le livre qu'il a écrit au IVe siècle avant J.-C., entre 320 et 305 avant J.-C., l'historien grec Hécatée d'Abdère rapporte que « *les Égyptiens accordent très peu de valeur au temps qu'ils passent à vivre. Ils appellent les maisons pour les vivants des abris provisoires en raison du peu de temps qu'ils y passent. Au contraire, ils accordent le plus de valeur au temps après leur mort, pendant lequel la mémoire de la vertu les préservera. Les tombes des morts sont appelées « maisons éternelles » parce que les morts passent un temps infini dans le monde souterrain. C'est pourquoi ils ne se souciaient guère des matériaux terrestres de leurs maisons, mais, en revanche, il semble qu'aucune dépense n'ait été trop élevée pour leurs tombes*. »
Pour qu'il puisse entreprendre son voyage vers le Royaume des morts, présidé par Osiris, le corps du mort devait être embaumé et momifié. Le mort n'était admis qu'après avoir été jugé par le tribunal des morts.

Le temps double[1] des Égyptiens

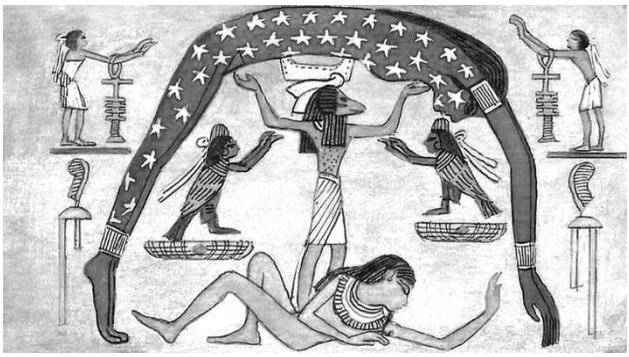
Les anciens Égyptiens croyaient que la vie dans le monde des mortels était courte par rapport à la vie éternelle qui attend ceux qui sont admis dans l'au-delà. Ils avaient donc deux concepts du temps nommés respectivement *neheh* et *djet*.
Pour l'égyptologue Frédéric Servajan, « *Neheh, c'est le temps des êtres et des choses qui viennent au monde, qui se transforment, qui vieillissent et qui meurent*[2] ». C'est le cas des plantes, des corps célestes, des nuages, de la pluie, de la crue du Nil et des êtres humains. Le temps *Djet* est « *le temps de ce qui est immuable, de ce qui ne se transforme jamais, de ce qui reste toujours identique à lui-même* ». C'est le cas de la Terre, des dieux, des corps momifiés des défunts, des sanctuaires et des temples. Le dieu soleil Rê était associé au temps *neheh* puisqu'il mourait chaque nuit, attaqué par le serpent Apophis, mais renaissait chaque matin. Il est le symbole du cycle perpétuel de la vie et de la mort. Osiris, appelé aussi « *celui qui continue à être parfait* », est souvent représenté momifié. Il était associé au temps *djet* et symbolisait le cycle de la mort et de la vie éternelle. *Neheh* est aussi le temps de la renaissance tandis que *djet est* celui du souvenir.

1. Voir l'article de Jan Assmann, « Le temps double des Égyptiens « dans la revue *Pour la Science*, n° 397, novembre 2010.
2. Cité dans l'article de Jan Assmann, « Le temps double des Égyptiens ».

– 2150 : Les horloges stellaires des prêtres égyptiens

Pour les prêtres de l'ancienne civilisation égyptienne, l'aspect du ciel était toujours interprété dans le cadre de la religion car les observations astronomiques avaient toujours une signification religieuse.

Les anciens Égyptiens croyaient qu'il existait, bien avant que les hommes ne soient créés, une étendue d'eau indifférenciée appelée le Noun. Le Dieu créateur Atoum sortit de cette eau sous la forme du soleil. Il engendra alors le premier couple divin formé de Shou, le dieu de l'air, et de Tefnout, la déesse de l'humidité. Shou et Tefnout engendrèrent à leur tour Geb, le dieu de la terre et Nout la déesse du ciel étoilé. Puis, de l'union de la terre et du ciel, naquirent quatre dieux, Osiris et son frère Seth ainsi que leurs sœurs Isis et Nephtys.



Représentation du ciel et de la Terre

L'explication de l'alternance du jour et de la nuit

Les Égyptiens interprétaient l'alternance du jour et de la nuit selon leurs croyances religieuses. Dans une première version, le dieu Soleil parcourt chaque jour le ciel dans sa barque et navigue la nuit dans le ciel inférieur, celui qui est sous la Terre. Le matin, quand il émerge de l'obscurité, il s'appelle alors Khépri. Le midi, dans toute sa force, il se nomme Rê. Le soir, quand il va s'enfoncer à nouveau dans les profondeurs de la nuit, il devient Atoum qui est attaqué chaque par Apophis, un serpent gigantesque qui est le dieu des ténèbres et des forces mauvaises. Pour repousser les attaques d'Apophis, Atoum est aidé par d'autres dieux. Isis essaye de désorienter le serpent pour que la déesse Bastet,

sous la forme d'un chat, puisse le décapiter. Dans une autre version, la barque du Soleil s'enfonce dans le monde souterrain où règne Osiris, le dieu des morts. Ré et Osiris ne forment plus alors qu'un seul dieu. Au matin, après la victoire sur le serpent Apophis, chaque dieu retrouve son propre corps et la course de Ré dans le ciel peut recommencer une nouvelle fois.

Les « horloges stellaires[1] »

Ce ne sont pas des horloges au sens strict du terme mais des tables de données astronomiques qui ont été peintes sur les sarcophages de quelques grands dignitaires de l'Empire. Les premières datent du milieu du XXII^e^ siècle avant notre ère. Toujours accompagnées de représentations mythologiques, elles décrivent une division de la nuit en 12 parties de durées variables.
Le calendrier égyptien possédait 12 mois de 30 jours et 5 jours supplémentaires à ajouter à la fin de l'année. Chaque mois était divisé en 3 décades de 10 jours chacune. Une année de 360 jours représentait donc 36 décades de 10 jours.
Les prêtres ont choisi d'associer des groupes d'étoiles, les *étoiles décanales*, à chacune des 36 décades du calendrier. Les tables des « horloges stellaires » associaient des noms d'étoiles décanales à chacune des 36 décades.

Le partage de la nuit en 12 parties

Dans le ciel, au cours de la nuit, les étoiles visibles semblent se déplacer vers l'ouest. Comme l'axe de rotation de la Terre est incliné *par rapport à l'écliptique, certaines étoiles ne sont visibles que pendant une partie de l'année. Sans pouvoir l'expliquer, les prêtres égyptiens avaient constaté ce fait. Le retour de l'étoile Sirius par exemple, restée invisible pendant 70 jours, annonçait la saison de l'inondation et marquait ainsi le nouvel an. Cette période de 70 jours avait une grande importance symbolique car les croyances des Égyptiens l'associaient à la durée au bout de laquelle les défunts pouvaient renaître dans l'au-delà et commencer le voyage après la mort. En été, saison pendant laquelle les nuits sont les plus courtes, les prêtres ne pouvaient voir au plus que 12 étoiles décanales se lever dans une même nuit. C'est pour cette raison qu'ils ont choisi de partager les nuits en 12 parties, chacune étant liée au lever d'une étoile décanale. Des tables stellaires leur permettaient, année après année, de relier les « heures » de la nuit au lever des étoiles choisies afin de suivre le voyage des âmes dans le ciel et de prier pour elles.*

1. Voir l'article de Léïla Haddad, « La céleste horloge de Pharaon » sur le site. https://media.afastronomie.fr/Expo-CMC/pdf/CMCPharaon.pdf.

Le partage de la journée en 12 « heures »

Par symétrie avec la nuit, la journée a été divisée elle-aussi en 12 parties égales. Cependant, faute d'instruments de mesure précis, cette division de la journée restera théorique pendant des siècles et n'aura pratiquement pas de conséquences sur la vie de la plus grande partie des Égyptiens. Ils continueront en pratique à partager les jours en quatre parties seulement : la matinée, l'après-midi, la soirée et la nuit.
Vers la même époque, les Babyloniens ont choisi eux aussi de partager la journée en 12 heures[1] mais pour des raisons différentes, liées à leur système de numération.

1. Voir, dans ce livre, le texte « *–1800 La mesure du temps à Babylone* ».

– 2000 : L'invention du gnomon

En Égypte, mais aussi en Mésopotamie, on a observé assez tôt qu'un simple bâton enfoncé verticalement dans le sol permet de suivre la course du Soleil dans le ciel. Les déplacements de son ombre permettent de partager la journée en différentes parties.

Le *gnomon* (d'un mot grec qui signifie « indicateur ») est une simple tige rectiligne et verticale dont on observe l'ombre sur un sol plan et bien horizontal. L'usage de cet instrument est attesté 2000 ans avant notre ère en Mésopotamie et en Égypte. Dans la journée, si le temps le permet, on peut observer que la longueur et la direction de l'ombre d'un gnomon varient de façon continue avec le mouvement apparent du Soleil dans le ciel. L'angle que font les rayons du Soleil avec le socle horizontal du gnomon dépend de la hauteur du Soleil dans le ciel.

Mouvement apparent du Soleil et latitude

Le mouvement du Soleil n'est pas vu de la même façon selon le lieu d'où il est observé. Au pôle Nord par exemple, le Soleil ne se couche pas pendant six mois de l'année et reste caché pendant les six autres. Quand il est visible, sa hauteur dans le ciel est constante et il semble décrire un cercle parallèle au bord de l'horizon. À l'équateur, la course apparente du Soleil est un arc de cercle situé dans un plan vertical. Ailleurs dans l'hémisphère Nord, le Soleil se lève chaque matin à l'est puis se déplace vers l'ouest en décrivant un arc de cercle autour de l'axe des pôles.
En réalité, le Soleil ne se lève exactement à l'Est et ne se couche exactement à l'Ouest que deux fois par an, les jours d'*équinoxe* qui, dans l'hémisphère nord, marquent le début du printemps et le début de l'automne.

Les variations de la hauteur du Soleil

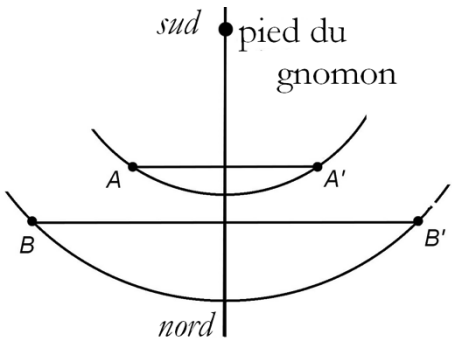
En un point donné de la Terre, sauf aux pôles, la hauteur du Soleil dans le ciel change pendant la journée. Chaque jour, le Soleil est au plus haut quand il traverse le méridien du lieu à midi. La hauteur du Soleil varie également avec les saisons. Quand il traverse le méridien en hiver, il est bas sur l'horizon mais il est beaucoup plus haut en été et atteint sa hauteur maximum le jour du solstice d'été. Sa hauteur à midi est la plus basse de l'année le jour du solstice d'hiver.

Le midi solaire

On peut suivre la marche du Soleil dans la journée en observant la longueur de l'ombre d'un gnomon et sa direction. Au fur et à mesure que le Soleil s'élève dans le ciel, l'ombre d'un gnomon tourne d'ouest en est. Très longue et peu distincte au lever du Soleil, sa longueur diminue de plus en plus puis s'allonge de plus en plus pendant l'après-midi. Le soir, elle est à nouveau difficilement visible. Par définition, on dit qu'il est midi[1] quand le Soleil est le plus haut dans le ciel. L'ombre du gnomon est alors la plus courte de la journée.

La ligne méridienne

Avec un gnomon, on peut déterminer la méridienne d'un lieu quelconque, c'est-à-dire la ligne droite qui va du nord au sud. Pour cela, on utilise la méthode dite « des cercles indiens ».



Construction de la ligne méridienne

On commence par marquer sur le sol deux positions A et B de l'extrémité de l'ombre du gnomon avant midi puis on trace les cercles qui passent par ces points en prenant pour centre le pied du gnomon. Après l'heure de midi, on pointe les passages successifs de l'extrémité de l'ombre du gnomon sur ces cercles en A' et en B'. On joint à la règle les points A et A' ainsi que les points B et B' puis on trace les médiatrices des segments obtenus. Ces droites, qui doivent être confondues, représentent alors la ligne méridienne cherchée.

1. Il s'agit du midi solaire qui n'est pas exactement celui de notre montre !

Le gnomon et le calendrier[1]

Pour connaître la date des solstices, il suffit de relever chaque jour la longueur de l'ombre d'un gnomon à l'heure de midi, au cours d'une année complète. Le jour du solstice d'hiver, à midi, l'ombre du gnomon est la plus longue de l'année. Le jour du solstice d'été, à midi, l'ombre du gnomon est la plus courte de l'année. En comptant les jours qui séparent deux solstices d'été ou deux solstices d'hiver consécutifs, on peut en déduire la durée (en jours) d'une année des saisons.

Au IIIe siècle avant notre ère, les Grecs partageront le jour en 24 heures à la façon des Égyptiens. Au IIe siècle avant notre ère, l'astronome grec Hipparque attribuera le numéro 12 à l'heure de midi car cette heure est placée au milieu des heures du jour.

1. Voir le texte de Denis Savoie, « Usages astronomiques du gnomon au cours des siècles », https://hal.science/hal-02303616/document.

– 1800 : La mesure du temps à Babylone

Fondée par les Akkadiens 1800 ans avant notre ère, Babylone a succédé à Sumer et a rayonné sur une grande partie de la Mésopotamie. L'empire babylonien a connu son l'apogée au VIe siècle avant notre ère. Il a été conquis par les Perses en 539 avant J.-C.

Le calendrier babylonien

Comme celui de Sumer, le calendrier babylonien était de type lunaire et comprenait 12 mois ayant alternativement 29 et 30 jours. L'année commençait au printemps, à la reprise des travaux agricoles. Comme à Sumer, on ajoutait un mois supplémentaire au calendrier tous les 3 ans pour corriger le décalage avec l'année des saisons. C'est ainsi par exemple que le roi Hammourabi ordonne à son ministre, 1800 ans avant notre ère, d'ajouter un mois supplémentaire à l'année en cours : « *Hammourabi à son ministre Sindinman, dit ceci : l'année est hors de place. Fais enregistrer le prochain mois sous le nom de second Ululu. Le paiement des impôts à Babylone, au lieu de se terminer le 25 Tasritu, devra s'achever le 25 du second Ululu*. »

La division de la journée

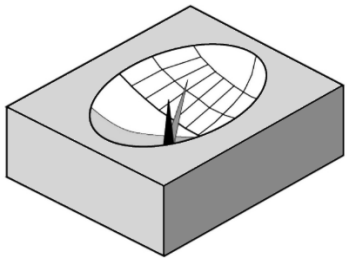
À Babylone, le jour commençait au lever du Soleil et se terminait au lever de Soleil suivant. Comme en Égypte, la journée était partagée en trois parties, la matinée, l'après-midi et la soirée. Un gnomon permettait de repérer exactement l'heure de midi puisque c'est le moment de la journée où l'ombre du gnomon est la plus courte. Dans la journée, on pouvait suivre la marche du Soleil en observant la direction et la longueur de l'ombre d'un gnomon. Selon l'historien et géographe grec Hérodote (484 à 420 avant J.-C.), les journées étaient partagées en 12 heures égales : « *Car, pour l'usage du gnomon, et pour la division du jour en douze parties, c'est des Babyloniens que les Grecs l'apprirent*. »
Aujourd'hui, on appelle ces heures des *heures temporaires* (ou *saisonnières)*. Pour une journée donnée, la durée d'une heure temporaire représente 1/12 de la durée de cette journée. Comme la durée d'une journée change tout au long de l'année, la durée d'une heure temporaire change aussi d'un jour à l'autre.

Pourquoi choisir le nombre 12 !

Le choix du nombre 12 par les Babyloniens a été fait pour une autre raison que celle qui a guidé les Égyptiens. En Mésopotamie, le nombre 12 a toujours joué un rôle important dans la définition des unités de mesures, de leurs multiples et sous-multiples, probablement parce qu'il possède d'assez nombreux diviseurs, ce qui facilite les calculs. On suppose, mais sans avoir de réelle certitude, que c'est la raison qui a dicté le choix de ce nombre.
Comme les savants babyloniens employaient la base 60 dans la représentation des nombres, l'heure a été divisée en soixante minutes et la minute en soixante secondes. Cependant, en l'absence d'instruments de mesure du temps suffisamment précis, ces subdivisions de l'heure sont restées longtemps beaucoup plus théoriques que pratiques !
Les savants grecs emprunteront leurs techniques de calcul et la base 60 aux Babyloniens. Ils adopteront la division du cercle en 360° ainsi que les unités de mesure du temps que sont l'heure, la minute et la seconde.

L'invention du polos

Un nouvel instrument, le *polos*[1] est apparu à Babylone au deuxième millénaire avant J.-C.



Représentation d'un polos

Cet instrument comprenait une tige placée verticalement au centre d'une demi-sphère creusée dans un bloc de pierre. Au cours de la journée, l'extrémité de l'ombre de la tige décrivait un arc de cercle sur la paroi intérieure de la demi-sphère. Le trajet de ce point commençait à l'ouest sur le bord du polos, coupait à midi un demi grand cercle orienté vers le sud et s'achevait le soir sur le bord est du polos. Les « heures » déterminées par les lignes tracées sur la surface intérieure de l'appareil avaient des durées inégales.

1. D'un mot grec ancien qui signifie « voûte céleste ».

La division de la nuit en 12 heures

Par analogie avec la journée, les Babyloniens ont partagé la nuit en 12 parties égales, les heures de nuit. Cependant, sauf aux équinoxes de printemps et d'automne, une heure de nuit n'avait pas la même durée qu'une heure de jour car la longueur de la nuit est différente de celle du jour. Plus la durée de la journée est grande et plus la durée de la nuit est courte et, inversement, plus la durée de la journée est courte et plus celle de la nuit est longue. Comme ils ne disposaient pas d'instruments capables de mesurer les heures de nuit[1], les Babyloniens estimaient approximativement les durées nocturnes en observant la rotation des étoiles dans le ciel. Elles semblent en effet faire un tour complet de l'étoile Polaire en 24 heures. Comme un tour représente 360°, chaque étoile tourne donc de 15° par heure.

1. À la façon des Égyptiens, ils utiliseront eux aussi des clepsydres, mais beaucoup plus tard.

– 1500 : Clepsydres et règles en L en Égypte

En Égypte, les clepsydres étaient des horloges à eau qui servaient à mesurer des durées. Les règles en L étaient des sortes de cadrans solaires qui utilisaient les rayons du Soleil pour indiquer des moments particuliers de la journée.

Les premières clepsydres[1] se présentaient sous la forme d'un bol rempli d'eau. Un trou percé au point le plus bas permettait à l'eau de s'écouler peu à peu, exactement comme du sable peut couler d'un compartiment à l'autre dans un sablier. Mais, comme la pression à la sortie du bol diminue au fur et à mesure que le niveau de l'eau baisse, le débit n'est pas constant. La durée nécessaire à l'écoulement complet de l'eau fournit néanmoins une sorte d'unité de mesure des durées.
Un gnomon permet de repérer certaines dates dans l'année et permet de partager la journée en plusieurs parties. Les premières clepsydres ne mesuraient que des durées.
Très vite, on a utilisé deux sortes de clepsydres. Celles de petite taille servaient à mesurer des durées assez courtes mais celles de grande taille permettaient de partager la nuit en périodes assez longues, toutes de même durée. L'utilisation des gnomons et des clepsydres a posé deux problèmes « techniques » aux Égyptiens :
– comment synchroniser les indications données par les clepsydres avec les « heures » solaires indiquées par les gnomons ?
– comment fabriquer deux clepsydres fonctionnant de manière absolument identique ?

La clepsydre du temple de Karnak

Cette clepsydre, qui date de l'époque où régnait le pharaon Amenhotep III (entre −1390 et −1352), a été trouvée à Karnak en 1904. Elle est actuellement exposée au Musée archéologique du Caire. C'est un récipient d'albâtre ayant la forme d'un tronc de cône. Cette forme a été choisie pour maintenir le débit de l'eau à peu près constant. En effet, pour assurer un débit constant, il faut que la quantité d'eau à évacuer diminue quand la pression devient plus basse et quand l'eau s'écoule moins vite. C'est ce que réalise à peu près la forme choisie. La baisse du niveau de l'eau dans la clepsydre ralentit en

1. Du mot latin « clepsydra « qui dérive lui-même d'un mot grec signifiant « voler de l'eau ».

effet le débit de l'eau mais cette baisse est compensée, en raison de la forme donnée à la clepsydre, par la diminution progressive de la quantité d'eau à évacuer.



La clepsydre de Karnak

Des marques, disposées en 12 colonnes verticales, sont placées sur la paroi intérieure et permettent de lire chaque mois les 12 heures de la nuit. Les hauteurs des colonnes ont été trouvées empiriquement et sont différentes selon les mois. La colonne qui correspond au mois du solstice d'été, mois qui possède les nuits les plus courtes, est la plus petite avec une hauteur de 12 doigts. Celle qui correspond au mois du solstice d'hiver, mois qui possède les nuits les plus longues, est la plus grande et mesure 14 doigts. Depuis −1500, on savait en effet que la durée de la nuit variait dans ces proportions tout au long de l'année. Cependant, la correction apportée par la forme tronconique choisie pour les clepsydres restait encore approximative car le débit de la clepsydre n'est pas proportionnel à la hauteur de l'eau. Les premières heures étaient un peu trop courtes tandis que les dernières étaient un peu trop longues mais, malgré tout, la précision obtenue était tout à fait remarquable pour l'époque.
On trouvera plus tard des clepsydres plus perfectionnées en Grèce et de véritables horloges hydrauliques en Chine.

Les règles en L

Les Égyptiens utilisaient aussi une sorte de cadran solaire, appelée règle en L par les archéologues. Il comprend deux parties, le talon et le corps de la règle.