

## Le Mécanisme d'Anticythère - Juin 2011

<b>SCHÉMA</b>	
- Historique et reconstitution du mécanisme	- Quelques réponses
- L'astronomie de Ptolémée	- Origine, perte et transmission des connaissances scientifiques
- Questions ouvertes	- Les horloges astronomiques

### 1re période 1900 - 1960

découverte	1900-1902
datation - quelques publications	1910-30
Guerre	1941-60

### 2me période - Derek de Solla Price ( 1958-1974 )

1re visite	1958
X-ray (Karamanlos)	1972
publicat. ' <i>Gears from the Greeks</i> ' ( et exposition au publique )	1974

[La version officielle de l'histoire ne change pas]

### 3me période - Michael Wright et Allan Broomley ( 1985 - 2000 )

Assistant curateur au Musée des Sciences	1980
Un libanais...	1983
<b>Allan Broomley</b> (Babbage machine)	1985
1er voyage à Athènes	1898-90
2e voyage - X-ray	19991-94
Broomley repart en Australie	
... six années dans le noir	
Lettre de l'épouse de Broomley	2000
Présentation à Olympia	2001
Publication systématique des résultats	2002
Renvoyé du Musée + numérisation des clichés	2003
Conférence à Athènes (modèle) et fragment 'F'	2005

### 4me période - Le " Groupe " 2000 - 2010

Mike Edmunds (phone avec Wright)	2001
<b>Tony Freeth</b>	
Financements, collaboration avec HP, X-tek, univ. en Grèce	
Autorisation de mesures; le groupe de T. Freeth inspecte les fragments du mécanisme au Musée d'Athènes	sept-oct 2005
Grande conférence de presse	2006
Le modèle de M. Wright et les mesures du "Groupe" sont terminés.	

### Derniers développements

2008	Le 'Groupe' travaille sur les inscriptions (épigraphistes)
------	--

fin 2008 Livre de **Jo Marchant** : *Decoding the Heavens*  
2009 Expo à Florence et modèle virtuel de **Mogi Vicentini**  
- réplique du modèle de Wright...

### [ Principe de fonctionnement du mécanisme ]

Ptolémée, déférents et épicycles, images.

### Grandes questions

1 - Qui ? Quand ? Pourquoi ?

2 - Mécanisme unique ?

3 - Historique avant ? Après ?

Perte monumentale des connaissances.

### oooo HISTORIQUE oooo

**Sept. 1900** Le capitaine **Kontos**, pêcheur d'éponges, est de retour de la cote tunisienne vers son île de **Symi**, avec 6 scaphandriers et 10 marins. Pris dans une tempête au sud du cap Malée, il se réfugie dans une crique de l'île d'**Anticythère**.

Passée la tempête, il explore les alentours de la baie de Potamos, et, en face de quelques rochers, il trouve avec effroi d'abord, puis avec joie, **l'épave d'un navire ancien** chargé d'œuvres d'art.

Rentré à Symi, les vieux du village lui conseillent d'aller voir discrètement les autorités à **Athènes** pour signaler la découverte. (Symi comme toutes les îles de la cote d'Asie Mineure était à l'époque sous domination turque)

Un archéologue de l'Université, originaire de Symi, présente Kontos au ministre de l'Education (Valerios **Staïs**, dès 1900).

24 novembre 1900 un navire de transport militaire, **le Mycale**, transporte Kontos, ses plongeurs et l'archéologue à Anticythère. Le temps est mauvais, le navire trop grand pour s'ancrer près des côtes.

4 déc. 1900 une navire un peu plus petit, le **Syros**, revient sur place. **À 60 m**, les scaphandriers peuvent rester 5 min sur le fond, deux fois par jour. 6 hommes x 2 fois 5 min = **1 heure** par jour au total.

Des **grands blocs** de roche qui encombrant l'épave sont jetés en profondeur, jusqu'à que le ministre Staïs en visite en fasse remonter un - en réalité un morceau d'une énorme statue en marbre. Le Mycale revient sur place pour les lever.

La campagne de récupération dure presque **un an** (sept. 1901), avec une pause pour Paques. Un plongeur meurt, deux restent estropiés. **Le musée est rempli** des objets trouvés, entreposés dans le désordre.

Les objets courants (vaisselle, pièces de monnaie) sont **datés au Ier siècle av. J.-C.**

On s'occupe des statues, mais personne remarque un **petit bloc de métal corrodé** laissé en plein air dans une cour, jusqu'à que le bois qu'il contenait, desséché, se fende laissant paraître... des **engrenages**.

Or, on ne connaissait pas d'engrenages précédents au XII-XIIIe siècle (**al-Biruni** en décrit vers le XIe s.), et encore moins dans l'antiquité. **L'astrolabe**, que l'on pouvait

attribuer à Ptolémée ou même à Hipparque, ne comportait pas d'engrenages. **La dioptre** dont parle Héron d'Alexandrie était considérée comme une idée aberrante.

Mais les fragments de l'objet inconnu laissaient paraître au moins **une quinzaine de roues dentées**.

**~1910** Nettoyé, le mécanisme montre les noms anciens de quelques mois : on parle alors de "**planétarium**".

Années 30-45 : Le mécanisme reste l'objet de débats entre spécialistes, par articles interposés. Un amiral à la retraite, Théophanis, se ruine pour financer ses recherches mais ne publie rien. Sur un point on est d'accord, le mécanisme montre la position du Soleil, de la Lune et des planètes dans le ciel.

**1934** Il y aura une seule **publication**, et beaucoup de discussions et polémiques entre les rares experts.

**1941** La Grèce est occupée par les **Allemands**. On enterme les objets d'art, y c. le mécanisme.

**1945-1964** On sort les objets de leurs cachettes, mais tout le monde a **oublié le restes du mécanisme**.

**1953 Jacques Cousteau** et Frédéric Dumas plongent à Anticythère, ce qui permet de radio dater le bois du navire à **260-180 av. J.-C.** Le navire était long 30-40 m et pouvait transporter 300 T de marchandises.

Les **amphores** (de Rhodes) et la vaisselle à bord, en revanche, datent du **86-50 aJC.**, ainsi que le texte gravé sur le mécanisme.

Ils reviennent en 1976, mais ne trouvent que quelques pièces de monnaie, qui sont datées à **70-60 aJC.**

#### Notes

Route du navire : Pergame => côte d'Asie Mineure => Rhodes => détroit du Cap Micale => naufrage.

[ La Grèce était indépendante de la Turquie depuis 1830; mais le tout nouveau Musée National restait vide; une campagne de recherche sous-marine dans les eaux de Salamine en 1884 avait été un désastre financier ].

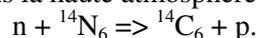
[ Curiosité : la science des horloges et des engrenages se développe en Chine avec un peu d'avance sur l'Occident ( horloges mécaniques vers le XIe siècle) ].

[ NB antiquement les jours, comme les nuits, étaient divisés en 12 h de longueur variable le long de l'année. D'où la nécessité pour les clepsydres à eau d'avoir des échelles variables ].

[ Pâques : le dimanche après la 1re pleine lune qui suit le 21 Mars ].

#### Radio datation

Dans la haute atmosphère



C-14 (1 part /  $10^{12}$  par rapport au C-12, dans l'air et tous les organismes vivants) se désintègre en N-14 en 6000 ans (demi-vie).

Les organismes morts sont donc appauvris en C-14.

**1958** **Derek de Solla Price**, physicien et grand spécialiste des instruments anciens a 33 ans; il se rend à Athènes pour étudier le mécanisme (stocké dans une boîte à chaussures, mais nettoyé entre temps). Il détecte env. 20 engrenages et pas mal d'inscriptions, il l'appelle un *calendrier-ordinateur*, mais ne peut pas tout comprendre par le seul examen visuel.

[ Price avait acquis ses lettres de noblesse en découvrant qu'un manuscrit de l'*Equatoriae Planetarum* était commenté en marge par Chaucer ].

1962 Price retourne à Athènes pour étudier **la Tour des Vents** (pour National Geographic). Sa reconstruction est mémorable.

1972 Price avec l'aide de (Charambalos) **Karamanlos** et de la femme de celui-ci, Emilie, passe les fragments aux **rayons X** (centaines de clichés).

L'impression est énorme : il y a **au moins 8 couches** d'engrenages superposés, non pas écrasés mais serrés par construction - dont on essaye de compter les dents. .

**1974** Price publie "**Gears from the Greeks**", 70 pages, et construit un modèle (un peu inventif) du mécanisme. Il pense que le savoir-faire des Grecs soit passé aux Arabes\* et ensuite en Europe, à partir du XIIIe siècle, et espère faire changer que la vision historique courante.

\*) il y a quand même plus de 1000 ans entre Anticythère et al-Biruni.

Mais **les historiens ne changent pas** leur version : les Grecs étaient de brillants philosophes et mathématiciens, mais ils ne s'intéressaient pas aux réalisations pratiques.

Les Romains sont les grands constructeurs de routes et amphithéâtres; et pour la révolution scientifique il faudra attendre les hommes de la Renaissance.

Price, désormais célèbre, est à Princeton avec A. Einstein, K. Gödel, Otto Neugebauer et Robert Oppenheimer (Einstein n'y est plus), puis à Yale. Après 12 ans de travail sur le mécanisme d'Anticythère, il déclare en avoir assez! **Pendant plus de 25 ans** tous ceux qui s'intéresseront au restes d'Anticythère feront référence au modèle et aux publications de Price.

**1974** seul résultat des travaux de Price et Karamanlos, les fragments A, B, C **sont exposés** au public. Mais quand en 1980 Feynman en visite à Athènes s'enquiert des restes et demande des renseignements au staff du musée, on le regarde comme un demeuré...

**~ 1980** (ou 1976, il a 26 ans) **Michael Wright**, jeune assistant curateur de mécanique au Musée de Sciences de Londres lit les articles de Price.

Il n'y comprend pas tout mais se passionne aux horloges astronomiques, par ex. une reconstruction de l'horloge de **G. Dondi (1364)**, 107 engrenages, 7 cadrans et un indicateur d'éclipses, qui est dans le musée.

**1983** un **libanais** inconnu se présente au Musée des Science dans le but de vendre des restes d'un astrolabe qui montrent des engrenages. Les fragments, inscrits en grec, remontent apparemment au ~ 520 AD et sont donc uniques; après quelques tractations ils entrent au Musée.

Las des discussions des 'experts', Wright prend un week-end pour reconstituer **l'astrolabe** chez lui. Il a, d'un coup, découvert sa vocation : c'est en re-parcourant

matériellement le chemin de celui qui a fabriqué un instrument que l'on peut mieux le comprendre.

Avec quelques années et de l'expérience en plus, il relit les écrits de Price et s'aperçoit que article et modèle contiennent des erreurs, c'est pourquoi il ne le comprenait pas ! Voilà un beau projet : déchiffrer et reconstituer enfin ce mécanisme !

Mais la direction du Musée ne l'autorise pas à se rendre à Athènes, ni par ailleurs à étudier le problème. Force est d'attendre.

**1985** **Allan Broomley**, de l'université de Sidney, historien des instruments de mesure, soumet au Musée des Sciences son projet de reconstruction d'une machine à calculer de **Babbage** (dont le bicentenaire de la naissance arrive en 1991).

Il obtient du Musée ¼ de M£ et la collaboration de Wright. Travaillant et déjeunant ensemble, Wright lui parle de 'son' projet pour reconstituer le mécanisme.

1989 Broomley entre triomphant dans le bureau de Wright pour lui annoncer qu'il a obtenu pour soi même **l'accord du Musée d'Athènes** pour étudier les fragments. Wright est accablé par ce manque de fair-play, mais plutôt que de perdre l'occasion, il demande à être amené comme **'assistant'** (toujours dans son temps libre).

**1990** Ne pouvant disposer des clichés de Karamanlos, qui les garde jalousement, ils en prennent d'autres au musée, mais ils ne sont pas nets...

De retour à Londres, après une conférence de Broomley sur 'son' projet, un médecin retraité et amateur de mécanique leur conseille de prendre en compte une technique dite "**tomographie linéaire**", inventée vers 1920 et utilisée pour localiser les corps étrangers dans les blessés de la IIe guerre.

Rapidement, **Wright** prépare un support 'basculant' pour les fragments d'Anticythère, et au même temps il **étudie les techniques radiographiques**. Pendant cetemps, au Musée de Londres, son chef le surcharge de travail pour le détourner sa fixation sur Anticythère; en vain.

**Wright et Broomley repartent pour Athènes** avec un gros lot de film donnés par un cadre de Agfa. Mais les clichés restent brumeux, jusqu'à que Wright demande à suivre le technicien du musée, Giorgios, en chambre obscure.

Là, il s'aperçoit que 1) Giorgios, par manque de matériel, réutilisait les bains de développement du photographe du Musée. 2) il mesurait les temps de développement d'après le temps de fumer une cigarette.

Broomley alors se fait payer par son université un grand lot de produits chimiques, et Wright se propose pour remplacer le (trop heureux) Giorgios au développement.

**1994** **pendant trois ans** ils passent leur vacances d'été et d'hiver à photographier et développer plus de **700 clichés**.

Mais à la fin de ce travail harassant, Broomley annonce nonchalamment à Wright son intention d'**amener tout le matériel en Australie**, pour faire numériser les clichés et le faire analyser par un étudiant.

Wright est furieux, pour la nouvelle trahison et pour ne pas avoir la force de s'y opposer.

**2000** **six années noires** s'enchaînent sans nouvelles d'Australie. La femme et les enfants de Wright le quittent, il perd sa maison et tous ses outils, il vit dans de

chambres louées, au Musée il le pousse à prendre des vacances pour soigner sa dépression, mais il craint qu'ils veuillent le limoger.

Quand enfin il trouve une nouvelle maison, il tombe en peignant la salle de bain et se sectionne tendons et vaisseaux de la main droite sur le lavabo qui a cassé. On lui annonce qu'il ne pourra plus utiliser sa main... et il lui faudra des longs mois et années de rééducation pour retrouver une sensibilité acceptable.

Pendant ce temps, il peut uniquement retourner dans sa tête les détails qu'il a retenu du mécanisme et qui ont de toute évidence échappé à Price.

Puis, Wright reçoit **une lettre de la femme de Broomley** : Allan est gravement malade, et elle lui demande de venir s'il veut récupérer ses notes. Wright reste trois semaines en Australie; Broomley, d'abord hésitant, est enfin convaincu par son épouse à rendre les clichés; il gardera les meilleurs et toutes les photos.

**2001 Wright expose ses idées** sur le mécanisme, y c. les épicycles des planètes, à une conférence à Olympia, mais sans un modèle ses idées sont reçues avec réserve.

2001 Sur demande d'une collègue, Wright communique ses idées sur le mécanisme à **Mike Edmunds**, astroph. de l'Université de Cardiff, qui plus tard publie un article sur le sujet sans même le remercier. Ainsi quand **Toni Freeth**, un producteur de documentaires ami de Edmunds, lui propose de rejoindre une grande collaboration universitaire pour étudier le mécanisme, il refuse sèchement.

Il est vrai qu'à cette date aucun résultat du travail de M. Wright ou des examens aux rayons X a été publié.

**2002** Wright publie son avancement des travaux. Broomley meurt, à 55 ans.

2003 Wright **est remercié** par le Musée des Sciences, avec une indemnité de départ. Il dispose maintenant de son temps, mais examiner les clichés à la loupe est très pénible.

Heureusement **son fils Gabriel**, qui fait un doctorat au département d'ingénierie médicale de Oxford, peut numériser les clichés pour lui.

Wright progresse maintenant plus vite dans le **décompte des dents** d'engrenages (qui confirme en gros celui de la femme de Karamanlos, plutôt que celui de Price), et dans la construction mécanique.

**2005 La partie supérieure du modèle est terminée**, ainsi que le cadran\* supérieur du panneau arrière avec les cycles de Méton et Callippe (19 ans = 235 mois lunaires, et 4x19 ans).

\*) 5 tours en spirale avec 235 divisions. Il indique quels mois ont 29 et lesquels 30 jours, ainsi que les années avec 13 mois.

Calendrier de Méton : on prend 2 lunaisons = 59 jours; 19 années tropiques ~ 235 mois synodiques ~ 6940 jours, avec une erreur de 2 h (soit 1 j / 200 ans).

**Wright publie régulièrement** ses résultats dans de revues spécialisées.

**Oct. 2005** M. Edmunds et T. Freeth ont élargi avec grande publicité la collaboration à des spécialistes des universités grecques et du Musée d'Athènes. Ils ont obtenu des financements importants et la collaboration de sociétés Xtek (rayons X pénétrants, ) et HP (dôme de lumière de ).

En 2005 ils peuvent, après moult pressions, examiner les fragments à leur tour.

Au même moment **Wright** est invité à **Athènes** pour montrer son modèle et commenter ses résultats; il savoure enfin son succès, mais juste à la fin de son exposé une conservatrice du Musée, **Mairi Zafeiropoulou**, monte à l'estrade pour exhiber un nouveau **fragment ( F )** qu'elle a retrouvé.

La découverte a été **caché volontairement** à Wright; or, il s'agit d'un fragment important (justement) du cadran inférieur de la face arrière, dont l'utilisation lui restait inconnue.

Il se sent logiquement floué. Des amis du Musée lui fourniront des photos du fragment.

### **Origine du 'Groupe'**

1998 Mike Edmunds lit Price et se passionne; il téléphone à Wright, et ensuite à Tony Freeth, qui s'enthousiasme aussi.

2001 Pour avoir des images avec les dernières techniques, Freeth obtient la collaboration de **HP** (Tom Malzbender, photos de surface) et de **X-Tek** (Roger Halland, microfocus X-ray, ensuite aussi CT X-ray à pénétration). Il obtient aussi des **financements** (Lever Co.) et la collaboration de **spécialistes grecs\*** (université et musée d'Athènes). Le travaux de M. Wright n'étant pas publiés, il lui est facile de dire que rien n'a été encore fait pour déchiffrer le mécanisme.

\*) Xénophon Moussa, Mairi Zafeiropoulou, etc.

La direction du musée d'Athènes renâcle à autoriser d'autres examens (ils savent très bien où en est Wright). On leur force la main en passant par le ministre de l'Education.

**Sept. 2005** deux semaines de mesure ont été autorisées, mais l'instrumentation pour le rayons X n'est pas encore prêt.

**Oct. 2005** le transport de l'appareillage de X-tek (~15 tonnes !) arrive à Athènes, et on procède aux prises de vue. Sur les ordinateurs, les résultats sont visible presque instantanément.

On voit surtout beaucoup **plus d'inscriptions**, même celles normalement cachées, et on comprend mieux les fonctions de l'appareil. Le centre de paléographie d'Athènes (Yanos Bitsakis) et, plus tard, Alexander Jones (N.Y.) aident à interpréter les noms relevés.

**29 nov. 2006** À la publication des résultats du 'Groupe' **Freeth convoque une grande conférence de presse** à Athènes (auditorium de la Banque Nationale).

**Wright est invité et amène son model.**

Assez fâché par l'ovation que reçoit l'exposé de Freeth, il réagit en rappelant que lui, travaillant tout seul pendant 20 ans, il avait déjà trouvé tous les résultats moins un (lié au fragment F); il ajoute qu'il lui a fallu trois heures pour mettre à jour son model après les 'découvertes' de Freeth et al., et il conteste même quelques erreurs dans la présentation de ses rivaux. Freeth cherche en vain de le contredire.

Wright rappelle que:

- ses employeurs lui ont interdit tout le long de s'occuper du mécanisme,
- il a travaillé dans son temps libre et en payant tout de sa poche,
- il a dû surmonter maints problèmes personnels et professionnels : intrigues, harcèlements, injures, maladies, perte pendant des années de toutes ses données, la mort de son seul collaborateur, etc.
- mais... il est toujours là !

## Notes

[ Un peu d'histoire ]

En 86 aJC Sylla avait mis à sac Athènes, qui s'était alliée à Mithridate. Mais Sylla était mort en 78 aJC.

Pompée le Grand bat Mithridate en 65 aJC; dans les trois années précédentes il avait nettoyé l'Est de la Méditerranée des pirates, soumis les Parthes, la Syrie et la Palestine avec Jérusalem.

Pour transporter son butin à Rome il fallut 700 navires. Le défilé triomphale dura deux jours.

En 43 aJC (5 ans après la mort de Pompée) Rhodes est mis à sac par Cassius. Rhodes était traditionnellement le siège d'une grande école d'astronomie (v. plus bas)

A Alexandrie, l'activité scientifique est brutalement interrompue par Ptolémée VIII, remis sur le trône par les Romains en 145-144

Dès l'Antiquité la tâche de la science est - mesurer - comprendre/ décrire - prévoir les phénomènes naturels.

Le Mécanisme d'Anticythère démontre non seulement l'habileté technologique des constructeurs, mais aussi des connaissances mathématiques abstraites et astronomiques.

Le mécanisme est reconstitué, mais il reste des **grandes questions** :

- 1 - qui a été capable de le construire, et pour qui, quand, dans quel but ?
- 2 - pourquoi on en parle pas en littérature ?
- 3 - Pouvait-il s'agir d'une pièce unique ?
- 4 - Sinon, pourquoi on en a pas d'autres ?
- 5 - J'ajoute : on a ni restes ni traces de rien de comparable, pendant les 1000 précédant et les 1400 ans suivants ce dispositif.

**R4** - Le musée d'Athènes possède une de plus riches collections de bronzes grecs anciens : il sont 10 en tout, dont 9 viennent du fond de la mer.

Or, il y en avait de centaines de milliers, voir des millions, dans le monde grec. Pline l'ancien parle de 3000 statues en bronze dans les rues de Rhodes, et ceci quand Rhodes avait déjà été saccagée par les Romains (Cassius 43 avJC).

**R1** - Ou ? qui ? la conception d'un tel mécanisme devait remonter soit à Archimède (Syracuse) soit à la grande école astronomique de Rhodes :

Hipparque de Nicée (act. 147-127), Posidonios d'Apamée (135-51), Géminos de Rhodes (110-40)\*

2009 dernières : Les **noms des mois** et autres sur le cadran avant sont ceux utilisés à Tauromenios, près de Syracuse (autres **colonies de Corinthe** ; Grèce du Nord, Illyrie, Epire, Corfou et...Syracuse).

oooooooooooooooooooo

Méton de Athènes	( vers 432, 5e siècle av. JC)
Eudoxe de Cnide	(406-355 av. JC)
Aristarque de Samos	(310 - 230 av. JC)
Callippe de Cyzique	(c. 370 av. JC)

Eratosthène de Cyrène	(284 - 192 av. JC)
Hipparque de Rhodes	(190 - 120 av. JC)
Posidonius de Syrie	(135 - 51 av. JC)
Geminus de Rhodes	(110 - 40 av. JC)
Jules César	(reformé du calendrier 46 av. JC)
Claude Ptolémée de Alexandrie	(2e siècle AD)

<b>Astronomes grecs</b>	<b>Astronomes du Moyen Age et après</b>
Hésiode de Ascrea (fl. 730 av. JC)	Al-Khwarizmi (fl. 825)
Anaximandre (610-547 av. JC)	Jean Scot Erigène (810-877)
Theano de Thurii (fl. 6e siècle av. JC)	Al Mamun calife (829 obs. Baghdad)
Pherecydes de Syros (fl. 6e siècle av. JC)	Al-Farghani (fl. 833)
Anaximène de Lampsaque (585 - 525 av. J.-C.)	Al-Battani (858-929)
Heracleitus de Ephèse (fl. 540 - 480 av. JC)	Al-Biruni (973-1050)
Parménide (515-440 av. JC)	<b>Supernova du Crabe : 1054</b>
Anaxagore de Clazomènes (fl. 500-428 av. JC)	Al-Zarqali (1029-1100)
Oenopides de Chio (fl. 5e siècle av. JC)	Robert Grosseteste (1170-1253)
Timaeus de Locri (fl. 5e siècle av. JC)	Johannes de Sacrobosco (m. 1244 ou 1256)
<b>Méton de Athènes (fl. 5e siècle av. JC)</b>	Roger Bacon (1220-1292)
Démocrite (fl. 460-370 av. JC)	<b>Tables Alfonsines (1252)</b>
Pythagore de Samos (~500 av. JC)	Jean Buridan (1300-1358+)
<b>Eudoxe de Cnide (406-355 av. JC)</b>	Ulug Beg (1394-1449)
Xénocrate de Chalcédoine (fl. 397 - 314 av. JC)	George Peurbach (1423-1461)
Héraclide du Pont (390-339 av. JC)	Nicolas de Cues (1401-1464)
Philippe de Opus (fl. 4e siècle av. JC)	Johannes Müller dit Regiomontanus (1436-1476)
Aristote de Stagire (fl. 384-322 av. JC)	<b>Nicolas Copernic (1473-1543)</b>
Aratus de Soli (fl. 315 - 240 av. JC)	Jérôme Fracastor (1483-1553)
<b>Aristarque de Samos (fl. 310 - 230 av. JC)</b>	Eramus Reinhold (1511/1553)
<b>Callippe de Cyzique (fl. c. 370 av. JC)</b>	<b>Tycho Brahé (1546/1601)</b>
Autolycus de Pitane (fl. 300 av. JC)	Johannes Kepler (1571/1630)
Œudème de Rhodes (fl. 350 - 290 av. JC)	<b>Calendrier réformé par Grégoire XIII : 1582</b>
Epicure de Samos (fl. 341 - 271 av. JC)	<b>Galileo Galilei, dit Galilée (1564/1642)</b>
<b>Eratosthène de Cyrène (fl. 284 - 192 av. JC)</b>	René Descartes (1596/1650)
Hermippe Callimachaeus (fl. 200 av. JC)	Pierre Gassend, (1592/1655)
Hipparque de Rhodes (fl. 190 - 120 av. JC)	Johannes Havelke, dit Hevelius (1611/1687)
Posidonius de Syrie (fl. 135 - 51 av. JC)	<b>Christiaan Huygens (1629/1695)</b>
Andronique de Cyrrhus (fl. c. 100 av. JC)	Abbé Jean Picard (1620/1682)
Geminus de Rhodes (fl. 110 - 40 av. JC)	Jean Dominique Cassini (1625/1712)
<b>Jules César (reformé du calendrier 46 av. JC)</b>	Jean Richer (1630-1696)
Théodose de Tripolis (fl. 1er siècle AD)	<b>Sir Isaac Newton (1642/1727)</b>
Menelaus de Alexandrie (fl. 1er siècle AD)	Olaus Römer (1644/1710)
Hypsicle de Alexandrie (98-168)	<b>Edmond Halley (1656/1742)</b>
<b>Claude Ptolémée de Alexandrie (fl. 2e siècle AD)</b>	<b>Sir William Herschel (1738/1822)</b>
Adraste de Aphrodisie (fl. 2e siècle AD)	Charles Messier (1730/1817)
Théon de Alexandrie (fl. c. 360 AD)	Louis, comte de Lagrange (1736/1813)
Proclus de Lycia (Diadochus) (fl. 411 - 486 AD)	Pierre Simon, marquis de Laplace (1749/1827)
Héliodore de Alexandrie (fl. tard V s. d.509)	Joseph von Fraunhofer (1787/182)

## CADRAN FRONTAL.

L'échelle interne représente le zodiaque, divisé en 360 degrés, avec les noms des constellations traditionnelles. Des petites lettres donnent une liste des évènements astronomiques annuels, tels que les levers et couchers héliaques des constellations; il n'en reste qu'une partie sur un fragment impossible à restaurer.

L'anneau externe représente une année de 365 jours, constituée de 12 mois de 30 jours, avec leurs noms, plus 5 jours additionnels, dits *épagomènes*. Dans le calendrier égyptien les dates des solstices et équinoxes retardent d'un jour tous les 4 ans, puisque un jour d'écart correspond à quatre fois compte 365 jours  $\frac{1}{4}$ . L'anneau est donc amovible, afin de rattraper ce retard.

Des aiguilles indiquent la position de la Lune et du Soleil au fil des jours, tandis que la rotation d'une petite sphère (en ivoire ?) mi-noire mi-blanche, montée sur l'aiguille de la Lune, en indique les phases.

L'aiguille pour la date, montre la position "moyenne" du Soleil. Le mouvement de la Lune, en revanche, tient compte de la 1-ère anomalie, selon la théorie d'Hipparque. On a donc supposé que la même indication existait pour le mouvement "vrai" du Soleil, et rajouté l'aiguille adéquate.

Un mécanisme à épicycles, presque entièrement perdu, montrait le mouvement irrégulier d'au moins une planète (Mercure ou Venus). On a donc incorporé, à titre d'hypothèse, l'indication du mouvement "réel" des cinq planètes connues dans l'antiquité, avec stations et rétrogradations (v. Wright 2002).

## CADRANS ARRIÈRE

A l'arrière du boîtier, on remarque deux grands cadrans, avec des échelles étendues de 5 tours en spirale, chacune avec de longues séquences de lunaisons (= mois lunaires).

Des pointeurs glissant sur une aiguille, tel le bras d'un tourne-disques, montrent les graduations à lire sur chaque échelle.

**Le cadran supérieur** représente un calendrier grec selon le cycle de Méton : 235 mois, avec leur noms, pour un total de 19 ans. Il indique si les mois ont 29 ou 30 jours, et quelles années ont 13 mois au lieu de 12, selon le schéma utilisé par Geminos de Rhodes (Ier s. av. J.-C.)

Après ce cycle, [ 6940 jours] la Lune (mois lunaire) se retrouve en phase avec l'année solaire (saisons).

Un petit cadran auxiliaire montre les dates des jeux panhelléniques (Isthmiques, Olympiques, Néméens, Pythiques), utilisés aussi dans la chronologie grecque.

Un deuxième cadran auxiliaire, sur la droite, est lié à la période de Callippe - quatre cycles de Méton, soit 76 ans, comme indiqué sur un fragment.

**Le cadran inférieur** permet la prévision des **éclipses** (de Lune ou de Soleil). Il représente une période de Saros, 223 lunaisons au bout desquelles les conditions pour une éclipse se répètent. Puisque le cycle de Saros, 6585 jours  $\frac{1}{3}$ , retarde de  $\frac{1}{3}$  jour sur le cycle précédent, un cadran auxiliaire fournit les corrections à apporter (+ 8h ou

+ 16h). Après trois cycles de Saros (un tour du petit cadran), soit un cycle Exeligmos, 54 ans, on revient aux conditions de départ. Les dates des éclipses sont marquées  $\Sigma$ , pour  $\Sigma\Lambda\text{ENE}$  la Lune, et/ou H, pour  $\text{HE}\Lambda\text{IO}\Sigma$  le Soleil.

La disposition des engrenages montre que le cadran des éclipses est actionné par les mouvements "vrais" de la Lune et du Soleil - un solution que seuls les plus hardis horlogers modernes sauraient réaliser.

Toutes les parties en bronze, y compris les plaques qui fermaient la boîte, étaient recouvertes d'inscriptions (env. 20.000 caractères, dont ~ 2000 lisibles) : des informations ou peut-être des instructions d'utilisation.

### ***Prévoir les éclipses - détails techniques.***

La Lune est animée d'un mouvement composé :

- 1) Autour de la Terre en 29 jours  $\frac{1}{2}$  (mois synodique ou lunaire), sur une orbite en ellipse allongée et dans un plan incliné de  $5.15^\circ$  par rapport à l'écliptique (plan de l'orbite terrestre).
- 2) Le mois draconitique, 27 jours  $\frac{1}{5}$ , mesure l'intervalle entre deux "nœuds", points auxquels la Lune traverse l'écliptique.
- 3) Le mois anomalistique, 27,55 jours, mesure le temps employé de la Lune pour revenir au plus près de la Terre (périgée).

De plus l'attraction du Soleil imprime de lents mouvements de précession à l'orbite lunaire :

- a) sur son plan (précession du périgée) en  $\sim 9$  ans (8,8504 a)
- b) du plan de l'orbite en  $\sim 18.6$  ans (18,5996 a).

Une éclipse requiert l'alignement, total ou partiel, des trois corps Terre, Lune, Soleil.

En pratique, de 4 à 7 éclipses (de Soleil comme de Lune) peuvent se produire annuellement. Elles se produisent par groupes, constitués d'une éclipse de Soleil ou d'une succession d'éclipses de Soleil, ou bien d'une éclipse de Lune et d'une autre éclipse de Soleil.

Mais si l'on cherche une répétition de la succession des éclipses, autrement dit après combien de temps le trio T-L-S se retrouve exactement dans les mêmes conditions, il faut chercher une période qui englobe un nombre entier de mois synodiques, draconitiques, anomalistiques. Cette période, inconnue des Babyloniens, est le *cycle de Saros*.

$$1 \text{ Saros} \approx 18 \text{ ans } 11 \text{ jours} \approx 223 \text{ mois synodiques} \approx 242 \text{ mois draconitiques} \approx 239 \text{ mois anomalistiques}$$