

## Chapitre 12 : le scaphé de Carthage

(cadran solaire trouvé à Carthage. Au Louvre M.N.E. 1178)

### PLAN DU CHAPITRE

\*\*\*\*\*

Présentation : la révélation au public.

Chapitre I: L'oeuvre d'art.

11 Le milieu: Carthage aux premiers siècles de notre ère.

12 Description de l'objet d'art.

121 L'extérieur.

122 L'intérieur.

Chapitre II: L'instrument gnomonique.

21 Classification. Appellation. Paramètres gnomoniques.

22 Principe de fonctionnement du cadran.

23 Littérature gnomonique relative à ce type de cadran.

24 Les courbes de déclinaison sur le cadran de Carthage.

25 Les lignes horaires sur le cadran de Carthage.

26 Le calendrier romain au Ier siècle de notre ère.

27 Mise en station du cadran.

28 Nature mathématique des courbes. Méthode de tracé.

281 Les explications de Sharon Gibbs.

282 Les recherches de Denis Savoie et Roland Lehoucq.

283 Méthodes possibles de tracé.

Conclusion.

Bibliographie.

Annexe 1: Catalogue des scaphés à oeillette chez Gibbs.

Annexe 2: Liste des cadrans antiques répertoriés en France

Annexe 3: Note sur les heures temporaires, destinée aux visiteurs d'une exposition où figurait une copie du scaphé de Carthage.

Annexe 4 : Les noms grecs des signes du zodiaque

Annexe 5 : Principes pour une méthode de tracé.

Planches et photographies

\*\*\*\*\*

## PRESENTATION.

\*\*\*\*\*

Au printemps de 1998 s'est produit un événement assez remarquable, dans le domaine de la gnomonique antique (grecque et romaine) : un collectionneur français, parisien, a pu acquérir un cadran romain, à oeillette, mis au jour, avant la guerre, sur le chantier de fouilles d'une villa romaine, à Carthage; d'abord propriété d'une famille qui ne lui avait pas procuré l'illustration qu'elle mérite, c'est maintenant seulement que cette pièce, exceptionnelle mais inconnue, va pouvoir enchanter gnomonistes et archéologues.

En effet, son nouveau propriétaire a eu l'élégance de céder son cadran au musée du Louvre, où il orne, désormais, la galerie Vivant Denon, dans le Département des Antiquités grecques, étrusques et romaines. Le Louvre a dû priser cette pièce assez haut pour en illustrer sa carte de vœux pour l'an 2000.

Mais, dès son acquisition, le nouveau propriétaire avait demandé à la Société Astronomique de France, et singulièrement, à sa Commission des Cadrans solaires, de présenter ce très bel objet au public français. Le numéro de juin-juillet 1998 (vol.112) de la revue "L'Astronomie" y consacrait ses pages 179 à 182, ainsi que la une et la quatre de sa couverture, événement rarissime. Il va sans dire que ce choix éditorial a été ressenti par la Société Astronomique de France comme un honneur.

L'an d'après, la British Sundial Society reprenait notre article dans son "Bulletin" de juin 1999 vol.11 (ii).

Enfin, la Revue de l'ANCAHA, dans son numéro 88 / été 2000, se faisait à son tour l'écho de cette heureuse nouvelle.

Depuis, maintes revues, maintes publications et jusqu'à des quotidiens ont porté loin dans le public la réputation et la célébration de ce cadran.

Néanmoins, dès avant la publication par "L'Astronomie", le cadran avait figuré, en seulement quelques lignes, passées inaperçues, dans le Catalogue "TIME" de Sotheby's (éditeur: A.J. Turner 1990).

Mais il a fallu attendre le numéro 25 / 2001 de la Revue d'Archéométrie pour qu'enfin une vaste étude mathématique et gnomonique du cadran voit le jour et s'impose comme la référence majeure. Il s'agit de :

“ Etude gnomonique d'un cadran solaire découvert à Carthage ”, par Denis Savoie et Roland Lehoucq. Nous nous y référerons souvent pour exposer les éléments mathématiques nécessaires à la bonne compréhension de la science et du travail du cadranier ancien.

La présente note, surtout destinée à nos collègues gnomonistes, souvent amateurs, n'est à recevoir que comme une présentation assez générale, développée brièvement dans plusieurs domaines auxquels renvoie l'étude de ce cadran.



## CHAPITRE Ier : L'oeuvre d'art

\*\*\*\*\*

### 11 Le milieu: Carthage aux premiers siècles de notre ère

-----

En 146 avant notre ère, la troisième guerre punique, livrée sur le sol africain, s'achève par une semaine de furieux combats de rue. Carthage est vaincue, rasée et livrée aux flammes. Son vainqueur, Scipion Emilien, symboliquement, passera la charrue à travers les cendres encore chaudes de la rivale de Rome et vouera son sol à l'exécration.

Malgré cette interdiction de reconstruire, dès 122 Caius Gracchus entreprend de relever la ville, avec une petite colonie romaine ; ce sera la Colonia Junonia qui périlitera. Puis, avec César, à partir de 44, et surtout sous Auguste, la ville reprit son essor. Cette troisième Carthage, Colonia Julia Carthago, connut une vie sociale, économique et intellectuelle intense jusqu'à devenir, avec 300.000 habitants, la cité la plus peuplée de toute l'Afrique. Au IIème siècle de notre ère, avec Tertullien, elle deviendra un ardent foyer du christianisme. Plus tard, saint Cyprien et saint Augustin maintiendront et étendront son renom et son éclat.

Mais vinrent les Vandales de Genséric qui prirent Carthage en 439 et il fallut attendre presque un siècle pour que Bélisaire place la ville sous domination byzantine, en 533. Elle devait y demeurer, sous le nom de Colonia Justiniana Carthago, pour près de deux siècles, jusqu'au déferlement de la vague arabe. En 698 elle fut emportée par les armées du Prophète commandées par Hassan ibn Noman qui lui infligea, sans raisons, une destruction irrémédiable.

Après les écrivains romantiques qui allèrent, à la suite de Chateaubriand, méditer sur les ruines de Carthage, vinrent les archéologues: R. Beulé, en 1859, Sainte-Marie, en 1874, le Père Delattre, puis Gauckler, Merlin et Drapier, le Père Ferron et bien d'autres encore.

L'un d'eux eut la bonne fortune de mettre au jour le cadran qui nous occupe ici, à juste titre, puisqu'on ne connaît, que vingt-quatre autres cadrans de ce type au monde, dont plusieurs ne consistent qu'en quelques fragments; dont, peut-être, trois ou quatre seulement, présentent des éléments de sculpture intéressants, mais dont aucun ne contient des indications gnomoniques aussi complètes que celui-ci. La révélation de ce cadran au public doit donc bien être considérée comme un événement dans le monde de la gnomonique antique.

Outre ce cadran, les ruines de Carthage n'ont livré, à ce jour, que deux autres cadrans solaires:

1°) un cadran conique (Gibbs: 3088)

2°) un cadran plan vertical (Gibbs: 5021) portant les noms des mois romains, écrits en caractères latins.

## 12 Description de l'objet d'art.

### 121 L'extérieur du scaphé.

Il s'agit d'une vaste coupe, de type "skyphos", assez rigoureusement hémisphérique, creusée dans un bloc de marbre beige clair, cristallisé, probablement d'origine grecque. Le Catalogue de Sotheby's la date du III<sup>ème</sup> ou IV<sup>ème</sup> siècle de notre ère, mais les experts du musée du Louvre la font même remonter au I<sup>er</sup> ou II<sup>ème</sup> siècle. On sait que le skyphos est un vase à boire, du type gobelet, à parois presque cylindriques et à simple base annulaire, comportant des anses horizontales attachées au rebord. Cette forme était très en vogue au I<sup>er</sup> siècle, comme le montre, au musée du Louvre, le trésor d'argenterie romaine de Boscoreale.

La forme générale du cadran s'apparente à un tronc de cône presque cylindrique et, sur sa paroi extérieure, s'attachent deux anses diamétralement opposées, constituées par un large anneau taillé dans la masse et intercalé entre un entablement à volutes, au ras du bord de la coupe, et une demi-boucle, également taillée dans la masse.

Le diamètre perpendiculaire à celui des anses aboutit, d'un côté, à une épaisse cale triangulaire, percée, jusqu'à mi-profondeur, (4 centimètres), d'un gros trou carré de stabilisation et, de l'autre côté, à l'oeilleton gnomonique par où passent les rayons du Soleil. Le trou de stabilisation permettait un blocage serré de la cale sur un tenon métallique vertical, sans doute, planté au sommet d'une colonne, de telle façon qu'une fois en station correcte, le cadran ne pouvait ni rouler ni basculer vers l'avant.

L'oeilleton gnomonique, très important, comme toujours sur ce type de cadran, avec cinq centimètres de diamètre, était recouvert d'une plaque métallique, disparue, de forme semi-circulaire, elle-même percée d'un trou solaire beaucoup plus petit. Cette plaque était assujettie au marbre par seize rivets au plomb, dont onze toujours sertis dans la pierre et dont quelques uns, même, traversent la paroi au voisinage de l'oeilleton. La réduction de l'orifice, ainsi obtenue, opérait comme un diaphragme d'appareil photographique, en réduisant à un gros point de lumière la tache solaire sur la paroi de la coupe.

Cette paroi du cadran, dans une large zone centrée sur l'oeilleton, a été très fortement amincie par un arasement, voire une entaille en forme de "tranche de melon", sans doute pour faciliter le percement, mais, surtout, pour que les rayons du Soleil, levant ou couchant, de quelque point de l'horizon qu'ils arrivent, ne rencontrent aucun obstacle et puissent pénétrer dans la coupe, même à ces heures extrêmes.

Ceinturant la paroi extérieure du cadran, et sur toute sa hauteur, se déploie une couronne, en relief, de feuilles de chêne, finement découpées et ponctuées par quelques tiges portant leurs glands. Les deux demi-boucles supportant les anneaux des anses sont ornées d'une feuille (de peuplier ?) stylisée.

Enfin, si le fond extérieur du cadran est plat, comme il s'orne de trois cordons circulaires concentriques, également sculptés en relief, toute idée de poser l'objet coupe vers le ciel, comme un bassin, se révèle immédiatement erronée, même à qui ignorerait tout de la gnomonique.

Le diamètre du cadran, avec ses anses, mesure 73 cm. pour une hauteur hors tout de 30 cm. Son diamètre intérieur, pris au bord de la coupe, vaut 49 cm. et ne varie pratiquement pas.

## 122 L'intérieur du scaphé.

-----

A l'intérieur, parfaitement poli, s'observent trois familles de fines gravures exécutées avec sûreté:

1°) sept courbes fermées qui paraissent presque circulaires mais, en réalité, se développent en trois dimensions, sauf la courbe quatrième qui est un cercle. Ces courbes ne sont pas concentriques puisqu'elles passent toutes par le centre de l'oeillon gnomonique. La plus extérieure passe très près du bord de la coupe. Plus loin, citant Denis Savoie et Roland Lehourcq, nous donnerons les conclusions mathématiques de leur étude qui semble exhaustive.

2°) onze lignes irrégulières qui s'étendent de la première à la dernière courbe du 1°) ci-dessus, les coupant toutes, sous des angles plus ou moins proches de l'angle droit et y bornant, sur chacune, des segments égaux entre eux, deux par deux, de part et d'autre de l'axe de symétrie constitué par la ligne médiane. Sur la courbe quatrième, ils sont tous égaux entre eux.

3°) des inscriptions en caractères grecs majuscules qui sont, d'évidence, relatives à chacune des sept courbes. La première courbe, la plus extérieure, est ainsi annotée de six mots et il semble bien qu'il en ait été de même pour la courbe la plus intérieure mais trop de caractères sont effacés pour qu'on puisse l'affirmer.

Les cinq courbes intermédiaires sont annotées, chacune, de deux inscriptions séparées et de trigrammes, toujours identiques, dont nous proposerons une interprétation, dans la planche N°1, où figure le relevé de toutes ces inscriptions.

Voici, en allant de la courbe la plus extérieure à la courbe la plus intérieure, notre traduction des inscriptions:

courbe N°1: Cercle du tropique du solstice d'été. Huitième jour avant les calendes de Juillet.

courbe N°2: Huitième jour avant les calendes de Juin. Huitième jour avant les calendes d'Août.

courbe N°3: Huitième jour avant les calendes de Mai. Huitième jour avant les calendes de Septembre.

courbe N°4: Huitième jour avant les calendes de ...(Avril). Huitième jour avant les calendes d'Octobre.

courbe N°5: Huitième jour avant les calendes de Mars. Huitième jour avant les calendes de Novembre

courbe N°6: Huitième jour avant les calendes de ...(Février). Huitième jour avant les calendes de Décembre.

courbe N°7: Cercle ...(du tropique du solstice d'hiver). Huitième jour avant les calendes de Janvier.

On aura remarqué le mélange de mots authentiquement grecs et des mots qui désignent les douze mois du calendrier julien et sont donc du latin écrit en caractères grecs. Ces noms des mois latins n'ont aucun rapport avec les noms des mois grecs de la période classique. Quant à l'emploi de la lettre grecque H majuscule (éta) pour désigner, en valeur numérale, le huitième jour, alors qu'elle n'est que la septième dans l'ordre alphabétique, il s'explique par la disparition d'une lettre, le digamma, à la période classique. Cette lettre a subsisté pour sa valeur numérale et le H est resté la huitième.

Il faut encore noter que la courbe extérieure est désignée, à la fois, par une date et par sa position astronomique sur l'écliptique ; on devrait pouvoir en dire autant pour la courbe la plus intérieure, celle du solstice d'hiver.



## CHAPITRE II : L'instrument gnomonique

\*\*\*\*\*

### 21 Classification. Appellation. Paramètres gnomoniques.

-----

Le cadran solaire de Carthage se présente comme une coupe hémisphérique dont la surface concave est graduée. Il appartient donc à la grande famille des scaphés hémisphériques et l'allure symétrique de ses tracés permet de dire que sa position correcte est méridionale. Il faut l'incliner suffisamment vers le sol pour que l'oeilleton se place au zénith de la coupe et que la courbe du solstice d'été passe le plus près possible du bord de la coupe, ce qui accroît la place où peut se développer la courbe du solstice d'hiver.

Les cadrans scaphés sont tous les cadrans creusés, généralement dans la pierre. Ce nom générique convient donc aux cylindres, aux hémisphères et aux cônes de toutes variétés. Venant de SKAPHE, qui signifie, d'abord, la barque, puis le creux (d'où notre scaphandrier), on peut en faire le qualificatif de tous les cadrans utilisés par des tracés sur leur face concave

Les scaphés à oeillette sont des raretés. Leur particularité tient en ce que leurs indications ne sont pas manifestées par le trajet et les positions d'un point d'ombre formé par l'extrémité d'un gnomon, mais par le trajet et les positions d'une petite tache de lumière que le Soleil fait filtrer à travers l'orifice zénithal percé dans l'épaisseur de leur coupe.

Depuis Sharon L. Gibbs qui, en 1976, donna, sur les cadrans grecs et romains, une somme inégalée et qui constitue toujours la référence majeure, bien qu'elle ait été complétée heureusement par Nicola Severino, de tels scaphés portent un nom anglais: "roofed spherical dials". On donne à entendre, par là, que ces scaphés sont creusés dans des demi-sphères, en pierre, dont un bord sert d'auvent (roof = toit), pour que la lumière du Soleil n'atteigne jamais la partie de la coupe où se meut la tache de Soleil qui, ainsi, est le seul point lumineux dans une zone obscure, plus ou moins vaste, selon les heures du jour et l'écoulement des saisons. Ce résultat s'obtient en donnant au scaphé une inclinaison fonction de la latitude d'installation. Les "roofed spherical dials" antiques sont toujours des méridionaux, mais des créations modernes présentent, parfois, d'autres déclinaisons.

En traduisant, jusqu'ici, "roofed spherical dial" par scaphé à oeillette, nous avons paré au plus pressé, car il fallait bien donner un nom français à ce scaphé, mais d'autres choix, peut-être meilleurs, seraient possibles, tels que:

scaphé obscur

scaphé à coupe obscure

scaphé à auvent

Faute de mieux, et pour éviter toute ambiguïté, on devrait dire : “ cadran solaire, hémisphérique, scaphé, méridional, à oeillette zénithal ”. Voilà pour le type du

cadran. Et il faudrait compléter cette définition par celle des types de renseignements et de graphismes qu'il présente.

DenisSavoie et Roland Lehoucq proposent l'appellation : " ARACHNE ", qui aurait le mérite de donner à ce cadran une sorte de nom propre, renvoyant, à la fois, à son type, à ses tracés et à l'image qu'évoquent ceux-là, une araignée. En outre, l'arachné figure dans la liste des cadrans anciens donnée par Vitruve, dont nous aurons à reparler. Cette liste contient aussi le conarachné qui, ainsi, conviendrait parfaitement à l'araignée domiciliée dans un cône. De telles appellations se rapprocheraient de noms propres, même s'ils reflètent un usage romain peut-être proche du sobriquet.

En revanche, il faut rejeter sans appel le nom d'antiboreum que certains auteurs récents ont cru pouvoir attribuer à ce type de scaphé, en particulier à un cadran provenant de Pergame (Gibbs 2023.G) et conservé au Pergamonmuseum, à Berlin (Est). L'antiboreum est, par étymologie, un cadran qui offre son tracé à Borée: il regarde le Nord. En latin, le préfixe ante ou anti signifie "qui est exposé à", "qui est sous le regard de". Nul n'a oublié les vers fameux de l'Enéide, (vers 94/96):

“ .....O terque quaterque beati

Quis ante ora patrum, Trojae sub moenibus altis,

Contingit oppetere. .... ”

soit: “ O trois et quatre fois bienheureux ceux à qui, sous le regard de leurs parents, devant les hauts murs de Troie, advint l'heureux destin de succomber ”.

Et Vitruve qui écrit le mot antiboreum écrivait la même langue que Virgile. Son antiboreum regarde donc le Nord et ne lui tourne pas le dos. Le scaphé de Carthage n'est pas un antiboreum. Le scaphé de Pergame non plus.

## 22 Principe de fonctionnement d'un scaphé à oeilleton.

Le scaphé se présente comme une coupe à peu près hémisphérique à l'intérieur de laquelle sont gravées deux familles de lignes solaires:

- celles qui fractionnent la durée du jour clair en douze "heures" temporaires, ces "heures" étant elles-mêmes des durées et non des instants, comme nos heures modernes. Elles ne se fractionnent pas. On est “ dans ” telle ou telle heure, c'est à dire entre telle ligne et telle autre.

- celles qui marquent les instants où le Soleil franchit une subdivision de 30° ( longitude écliptique ), sur le cercle écliptique qu'il parcourt en une année; ces secteurs sont affectés aux 12 signes du zodiaque; leurs frontières sont franchies aux alentours des 21 mensuels, dans notre calendrier grégorien.

Hormis notre scaphé de Carthage, aucun autre scaphé à oeilleton ne présente ces sept courbes diurnes qui divisent en douze étapes la course du Soleil entre les tropiques. Sur 24 scaphés à oeilleton cités par Gibbs, 23 n'ont

que les trois courbes des solstices et des équinoxes; seul un scaphé multiple a 5 courbes. Ces deux familles de lignes seront analysées plus loin.

Les indications de ce cadran ne sont pas procurées par le trajet et les positions de l'extrémité de l'ombre d'un gnomon se déplaçant sur la paroi de la coupe, mais par le trajet et les positions d'une petite tache de lumière produite par les rayons du Soleil filtrant à travers l'oeilleton. La position de cet orifice gnomonique, au zénith de la coupe, a pour conséquence que les rayons solaires pourront pénétrer dans le scaphé, de quelque point de l'horizon qu'ils proviennent, tant que le Soleil sera au dessus de l'horizon. C'est pour cela que cette zone du scaphé a été arasée.

D'autre part, en fonction de la latitude, on donne à la coupe une inclinaison judicieuse, vers le sol, de façon que la courbe de déclinaison qui sera parcourue par la tache de Soleil lors du solstice d'été, dans notre hémisphère, (et hors zone tropicale), se place à très courte distance du bord même de la coupe. Cette adéquate inclinaison du scaphé a aussi pour effet de toujours laisser à l'ombre la zone où se déplace le point de lumière. Cette proximité du bord de la coupe et de la courbe solsticielle d'été n'est pas une obligation astronomique mais, tout simplement, une recette artisanale pour profiter, au mieux, de l'espace offert par la coupe et pour réserver le plus de place possible à la très petite courbe du solstice d'hiver.

Parmi les planches en annexe, nous présentons quelques dessins "artistiques" repris des ouvrages de Gibbs, de Trinchero, de Rohr et de Schumacher, et quelques schémas de notre composition qui illustrent la position et les conditions de fonctionnement du scaphé aux latitudes suivantes, choisies uniquement pour des fins de démonstration:

0°.....	équateur
23°5.....	tropique du Cancer
41°.....	Rome (latitude de construction du scaphé de Carthage)
49°.....	Paris
66°5.....	cercle arctique
90°.....	pôle Nord

On comprend ainsi pourquoi de tels cadrans ne se prêtent guère à des installations en zone intertropicale, ni trop près des pôles, au delà des cercles polaires.

On voit aussi pourquoi l'obligation de forer l'orifice gnomonique au point zénithal de la coupe, interdit tout déplacement ultérieur du scaphé en latitude. Si un tel déplacement était opéré, le scaphé continuerait de procurer, en partie seulement, les indications convenables à son lieu d'origine et à la condition d'écarter l'oeilleton du nouveau zénith..

Rien n'oblige à concevoir un scaphé parfaitement hémisphérique, mais celui-ci semble bien être tel, avec un diamètre intérieur de 49 cm. et un rayon polaire perpendiculaire de 25 cm. Mais il faut noter ici que la demi-sphère se

révèle plus confortable pour tracer les courbes de déclinaison puisqu'il ne s'agit que de calculer les intersections de sept cônes avec une sphère, l'axe des cônes ne passant pas par le centre de la sphère, ce qui n'est déjà pas rien, surtout il y a 2000 ans, tandis que les intersections d'un cône avec une surface courbe, non mathématiquement définie, requièrent un tour de force. Toutefois on aurait pu envisager des scaphés avec une paroi non hémisphérique, mais relevant d'autres sections coniques. Notre lecteur pourra voir un tel scaphé, qui semble bien être un ellipsoïde de révolution, sur les gravures de l'ancien Hôtel de Ville de Paris, par exemple dans l'ouvrage d'Andrée Gotteland : "Les Cadrans solaires et les Méridiennes disparus de Paris ". Editions du CNRS. Paris 2002. Page 37.

De nos jours, le scaphé à œilleton zénithal n'est pas seulement un objet de musée ; des amateurs avertis se sont appliqués à en réaliser avec des méthodes et des matériaux modernes, tel le cadran de Saint-Nom la Bretèche, oeuvre de Monsieur R.Perrier, qui a ainsi renchéri sur la difficulté en composant un cadran non pas méridional mais déclinant vers le Sud-Est (heures de VII 1/2 à XII). Voir sa photographie dans l'ouvrage de Jean-Marie Homet: "Les Cadrans solaires" aux Editions Ch.Massin (sans date c.1985) p.8.

### 23 Littérature gnomonique relative au scaphé à œilleton zénithal

---

#### 1) Vitruve (Marcus Vitruvius Pollio)

c.88-26 avant notre ère

Dans son "De Architectura", Lib IX, Cap 8, Vitruve cite 10 cadrans et les attribue à 10 inventeurs. Nous les énumérons ici, ce qui rendra inutile la longue citation et sa traduction en français. Mais le texte original est rapporté par tous les auteurs qui présentent une histoire, même succincte, de la gnomonique:

Hemicyclium (excavatum ex quadrato ad enclimaque succisum)

Bérose le Chaldéen

Scaphé, (dit aussi hemisphaerium )

Aristarque de Samos

Discum in planitia

Aristarque de Samos

Arachné

Eudoxe de Cnide (mais aussi attribué à Apollonius)

Plinthe, (dit aussi Lacunar)

Scopinas de Syracuse (cadran installé dans le cirque Flaminius)

Pros ta istoroumena

Parménion

Pros pan klima

Théodosius et Andrias

Pelecinum

Patrocles

Le cône

Dionysodorus

Pharetra (qui signifie « Le Carquois »)

Apollonius

Tous les commentateurs ont repéré une attribution curieuse. L'hemicyclium est un scaphé hémisphérique (hemisphaerium) amputé de sa portion inutile qui s'étend au delà du tropique du Cancer ; on ne peut donc pas éviter de penser que l'invention du scaphé (hemisphaerium) a précédé, même si ce n'est que de peu, son amélioration en hemicyclium. Cette logique, conduirait donc à attribuer l'invention du scaphé à Bérosee, prêtre chaldéen (de Marduk ?), qui vivait en Egypte, au III<sup>ème</sup> siècle avant notre ère, sensiblement à la période d'Alexandre le Grand (356-323). Alors, si Vitruve a raison en créditant Bérosee de l'invention de l'hemicyclium, comment peut-il ne faire apparaître l'hemisphaerium qu'aux jours d'Aristarque de Samos (310-230 avant notre ère) ? Ce dernier ne serait-il pas, simplement, le créateur du nom " scaphé ", qui supplanta le terme plus banal d' " héliotrope ". Mais ce sont là des considérations bien secondaires.

Cela observé, en passant, il reste que ces inventeurs nous sont souvent inconnus et leurs cadrans ont fait l'objet de conjectures pas toujours convaincantes. Mais il n'est pas inintéressant de se reporter à l'ouvrage d'Aldo Trincheri, cité en bibliographie, aux pages 349 à 353, pour avoir une vue d'ensemble des hypothèses relatives à ces " orologi solari antichi ".

Puis Vitruve poursuit:

" ... Ces hommes et beaucoup d'autres nous ont légué encore d'autres sortes de cadrans, tels que le conarachné, la plinthe conique et l'antiboreum ".

Nota : la plinthe conique est aussi appelée eugénation

2) Entre Vitruve et notre époque peu d'auteurs se sont intéressés aux cadrans antiques, dans un esprit d'analyse gnomonique. On peut citer:

Diels Hermann : Antike Technik. Leipzig. 1920

Drecker Josef: Die Theorie der Sonnenuhren. Berlin. 1925

Deonna W. : Le mobilier délien. Paris. 1938

3) Rohr René in "Les Cadrans solaires" Ed. Gauthier-Villars

texte de 1965 pp.28, 32/33:

“ ...On a, enfin, rapproché le nom énigmatique d'antiboreum d'un cadran de la famille des scaphés qui se trouve au musée de Berlin. Il s'agit d'une demi-sphère creuse taillée dans un bloc de pierre (fig.11), mais percée d'une petite ouverture au fond. Contrairement aux autres scaphés, on dirigeait ici l'ouverture de la demi-sphère vers le Nord. Par la petite ouverture de la paroi du bloc de pierre, un mince faisceau de rayons de Soleil pénétrait à l'intérieur de la sphère en produisant sur ses parois une petite image du Soleil qui y indiquait les heures. Il est à remarquer que, dans l'exemplaire de Berlin, les lignes horaires ne correspondent pas aux antiques heures temporaires mais à des heures astronomiques égales. Ce cadran pourrait donc appartenir à une période moins ancienne ”.

Le dessin de René Rohr est assez charbonneux mais, si la coupe méridienne qu'il donne, en fig. 11, de ce dessin, est bien conforme à sa description, en revanche, elle représente un cadran purement imaginaire. Elle ferait placer la courbe du tropique du Cancer non pas au bord de la coupe, mais au fond de celle-ci, ce qui n'est pas admissible et sera corrigé dans l'édition de 1986, chez Oberlin, sans doute, après une lecture attentive de l'oeuvre de Gibbs, parue en 1976, et, peut-être, après une visite au Pergamonmuseum. Peut-être, aussi, Rohr s'est-il rendu compte qu'un œilleton, foré dans une paroi verticale Est-Ouest, n'accueillerait jamais les heures extrêmes des jours compris entre le 21 Mars et le 21 Septembre (Soleil au nord de la paroi, au-dessus de la coupe !). Notons au passage que, dans le cadran de Pergame, les lignes horaires sont bien des lignes temporaires et nullement des heures astronomiques égales.

En revanche, la légende de sa fig.11 est intéressante et s'appliquerait aussi bien à un antiboreum conforme au dessin de Rohr qu'à notre scaphé : La voici:

“ S'il a trouvé un moyen pour rendre plus visibles les indications du Soleil, en se servant d'une tache claire, dans une demi-sphère obscure, l'auteur de l'antiboreum n'en avait pas moins les idées compliquées. Pour tracer ses lignes des solstices il lui a fallu trouver l'intersection de surfaces coniques et sphériques. La marche de la lumière est indiquée dans la coupe ”.

Mais, nous le soulignons, tout ce passage de Rohr est à rejeter puisqu'on n'a jamais trouvé, dans les fouilles, d'antiboreum conforme au dessin de cet auteur.

4) Gibbs Sharon L.

in Greek and Roman Sundials

Ed. Yale University Press. New Haven & London. 1976

Nous le répétons: Sharon L. Gibbs est la référence majeure pour cette question. Elle présente 256 cadrans couvrant une longue période, depuis le IIIème siècle B.C. jusqu'au IVème siècle A.D. (cadrans byzantins exceptés.)

Elle a manipulé, mesuré, analysé par elle-même presque tous les cadrans décrits et ce n'est que dans quelques très rares cas qu'elle nous livre des informations de seconde main.

Sa population gnomonique se répartit comme suit:

- cadrans sphériques : 98 pièces
- cadrans coniques : 109
- cadrans plans : 40
- cadrans cylindriques : 6
- autres : 3

Parmi les sphériques, elle a trouvé 24 scaphés à oeillette qu'elle appelle, dans son texte, "roofed spherical dials" et, dans son catalogue des notices individuelles, "spherical variants". Un seul est un cadran multiface, le cadran de Ténos, référencé 7001/G. Tous les 23 autres sont des scaphés à œillette zénithal, stricts.

Sur ces 23 cadrans 10 ont été découverts à Aquileia, 6 ont été très certainement produits par les ateliers d'Aquileia et exportés au cours des premiers siècles de notre ère ; les 7 derniers sont l'œuvre de cadraniers influencés par le style des Aquiléiens.

Aquileia se trouve entre Udine et Trieste, dans l'actuelle province du Frioul-Vénétie julienne.

C'est dire si la mesure de la latitude de construction du scaphé de Carthage a été effectuée avec minutie; Denis Savoie et Roland Lehoucq trouvent 41°, donc très proche de Rome. L'hypothèse d'une exportation par un Romain se rendant à Carthage semble solide. Cette latitude théorique se déduit de plusieurs mesures concordantes, à la différence d'autres cadrans où, parmi les 18 qu'elle a pu mesurer, Gibbs a trouvé des écarts importants, parfois de plusieurs degrés. Sur un scaphé trouvé à Trieste (Gibbs N° 2015), on constate même une fourchette de 10°. Tracer un scaphé hémisphérique n'était pas chose facile

Aucun des 23 scaphés de Gibbs ne supporte la comparaison avec celui de Carthage, ni pour la qualité du décor, ni pour le nombre des courbes diurnes.

Aucun des 23 scaphés de Gibbs ne comporte d'inscriptions identifiant les courbes diurnes, pas plus par l'écart aux calendes, que par la position dans le zodiaque. Sur l'ensemble des 256 cadrans de Gibbs on ne trouve que 3 cadrans avec les noms des mois et 4 cadrans avec les noms du zodiaque. Là encore, le cadran de Carthage livre sa différence et c'est une double suprématie. Ajoutons que son état de conservation est exceptionnel, tout comme la beauté de son décor sculpté.

Nous devons arrêter là nos commentaires sur Gibbs, ne pouvant tout citer de cet auteur alors que le but de cette approche est tout autre, mais sa lecture s'impose à quiconque aura trouvé intérêt à cette note.

Les passages à étudier spécialement, pour la bonne compréhension des scaphés à oeillette, se trouvent aux pages suivantes:

Généralités : pages 3 à 11

roofed spherical dials : pages 23 à 27; 71 à 73; 98/99  
Vitruve : pages 59 à 65; 105 à 108  
décors des roofed dials : pages 89/90  
inscriptions (256 cadrans) : pages 86/87  
catalogue des roofed dials : pages 194 à 218; 373 à 375  
liste par provenances : pages 406 à 417  
liste par localisations : pages 395 à 405 ( en 1971/1976 )

#### 5) Schumacher Heinz

in Sonnenuhren T.I. p.104 et fig.69.

Ed. Callwey. Munich. 1978

Cet auteur, venant immédiatement après Gibbs, présente un dessin "artistique" du scaphé de Pergame ( 2023/G ) qu'il définit comme un "Römische Innenraum Sonnenuhr" et il n'y aurait pas plus de commentaires à faire si Schumacher ne donnait une précision très intéressante à savoir que, sur quelques scaphés de ce type, une pièce de métal percée d'un tout petit trou, pouvait rétrécir le calibre de l'orifice solaire qui est généralement excessif. Gibbs le disait déjà à propos des scaphés catalogués sous N° 2017/G, 2023/G, et 2020.

Schumacher signale aussi que le cadran qu'il dessine sous fig.69 et qui est le cadran du Pergamonmuseum de Berlin, se trouve au Deutsches Museum de Munich. Cela est presque vrai, mais Munich ne possède qu'un moulage en plâtre, passablement dégradé.

#### 6) Rohr René

in "Les Cadrans solaires" Ed. Oberlin 1986

pp. 22/23 et fig. 23

Le texte de 1965 a été fortement élagué et on y note les modifications suivantes qui sont capitales:

D'une part, la mention erronée selon laquelle l'antiboreum (il veut dire le scaphé à œillette), aurait été disposé face au Nord, a disparu.

D'autre part, apparaît, au contraire, la précision qui place l'orifice solaire au zénith du cadran.

Le (mal nommé) antiboreum de Berlin, représenté, désormais, seulement en coupe méridienne, passe en fig. 23. Il est correctement localisé au Pergamonmuseum et le dessin schématique est devenu exact, le cadran ayant été renversé de 90° et tourné sur lui même de 180°, ce qui fait tomber la courbe du Cancer très près du bord de la coupe, donc à sa place correcte.

Enfin, Rohr n'affirme plus que les lignes horaires manifesteraient des heures égales et non pas des heures temporaires. C'est là un changement d'opinion majeur, tout à fait conforme à l'histoire de la gnomonique, qui ne parle jamais d'heures égales pour la période envisagée.

Du reste, Vitruve avait été catégorique: « ... uti dies aequinoctialis brumalisque idemque solstitialis in duodecim partes aequaliter sit divisus ». op. cit: IX.7.7 et in Gibbs p.6.

Nous reproduisons en annexe les deux dessins de René Rohr, à la fois pour montrer le judicieux revirement de cet auteur et pour illustrer une certaine possibilité d'antiboreum qui présenterait bien sa coupe au Nord, un jeu gnomonique, en quelque sorte, auquel pourrait donner naissance un cadranier contemporain inspiré par un tel objet.

4) Trinchero Aldo / Moglia Lando / Pavanello Gian Carlo  
in "L'ombra e il tempo". Ed. Vanel à Torino 1988  
pp. 350 et 353

Ces auteurs présentent, en fig. 6-126/c, un dessin artistique du scaphé de Pergame, à Berlin, correctement défini comme une "variante d'hémicyclium". (mais "variante d'hemisphaerium" serait meilleur).

Ils le localisent bien au musée de Berlin. Ils lui donnent 9 lignes horaires et seulement les 3 courbes des solstices et des équinoxes. Le cadran de Carthage présente, lui, les 7 courbes qui bornent les 12 signes du zodiaque et 11 lignes d'heures temporaires.

D'autre part, ces auteurs appellent, sans précaution oratoire, en fig.6-127/c, "cadran de Pergame", le caractéristique scaphé horizontal à deux gnomons horizontaux qui porte, lui aussi, ce nom, mais qui n'a rien à voir avec un scaphé à oeillette. Dire "le scaphé de Pergame" et dire "le cadran de Pergame" n'est pas univoque et il faut être rigoureux.

7) Fantoni Girolamo (Ammiraglio)  
in Orologi solari Ed. Technimedia Rome 1988  
p.328

“ “ ...le linee orarie dividono i due tropici e l'equatore in dodici parti eguali, da orizzonte a orizzonte, e quindi indicano le ore diseguali del sistema orario temporario, comunemente usata da Greci e Romani a quei tempi ”.

Ce texte, confirmé par d'autres auteurs plus anciens, signifie que, pour les cadraniers de cette époque, diviser géométriquement les courbes diurnes en douze segments égaux suffisait à procurer les heures temporaires, (égales entre elles au cours d'une journée mais, de jour en jour, différentes ): découper l'espace en segments égaux c'était aussi, selon l'opinion que rapporte l'amiral, diviser le temps en durées égales. Mais c'est là une opinion erronée, contraire à ce que disait Vitruve, ci-dessus, lorsqu'il parlait de diviser les jours, aussi bien d'équinoxes que des solstices, en douze parties égales ; il parle bien des jours et non des graphismes du cadran. Comme nous allons le voir, le scaphé de Carthage n'est pas entaché d'une telle erreur.

## 24 Les courbes de déclinaison sur le scaphé de Carthage

\*\*\*\*\*

L'année tropique est le temps qui s'écoule entre deux passages successifs du Soleil au point gamma, intersection de l'écliptique et de l'équateur céleste. La longitude écliptique du Soleil croît de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  d'un passage au passage suivant. Ce point gamma correspond à l'équinoxe de printemps. Puis,  $90^\circ$  plus loin, ce sera le solstice d'été;  $180^\circ$  plus loin ce sera l'équinoxe d'automne et, enfin,  $270^\circ$  plus loin, ce sera le solstice d'hiver.

A chaque point atteint par le Soleil sur l'écliptique, et qui est donc mesuré en longitude écliptique, correspond une valeur mesurée en degrés à partir de l'équateur céleste et qui s'appelle la déclinaison. Ces deux séries de valeurs ne sont pas égales parce que l'écliptique et l'équateur ne sont pas confondus: leurs plans respectifs forment entre eux un angle mesuré par l'obliquité de l'écliptique, ou, si l'on préfère, par l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre.

A la fin du I<sup>er</sup> siècle de notre ère cette obliquité valait environ  $23^\circ 683$  soit  $23^\circ 41'$  et on prenait couramment  $24^\circ$ . Actuellement elle vaut les  $23^\circ 26'$  connus de tous. Si l'on calcule, tous les  $30^\circ$  de longitude céleste, les valeurs de la déclinaison solaire, on trouvera, pour l'année 100, les concordances suivantes, avec la longitude suivie de la déclinaison (en degrés décimaux):

0/ $0^\circ$	30/ $11^\circ 59$	60/ $20^\circ 36$	90/ $23^\circ 68$
-----	-----	-----	-----
120/ $20^\circ 36$	150/ $11^\circ 59$	180/ $0^\circ$	210/ $-11^\circ 59$
240/ $-20^\circ 36$	270/ $-23^\circ 68$	300/ $-20^\circ 36$	330/ $-11^\circ 59$

Cette division de l'écliptique en douze fois  $30^\circ$  est à l'origine des mois et des signes du zodiaque. Sur un cadran solaire elle donne naissance aux 7 arcs de déclinaison qui bornent le parcours de l'ombre ou de la tache de lumière et signalent, au moment où ils sont franchis, que le Soleil vient d'entrer dans un nouveau signe du zodiaque.

On voit que les deux solstices ont la même valeur mais des signes contraires, le Soleil étant au dessus ou au dessous de l'équateur céleste; aux deux équinoxes les valeurs sont nulles et, entre les solstices et les équinoxes, les valeurs vont par paires de signes identiques, négatifs ou positifs.

A ce calendrier astronomique, les civilisations qui suivent un calendrier civil solaire, font correspondre des dates corrélées. Par exemple, de nos jours, la longitude  $90^\circ$  correspond à la déclinaison  $23^\circ 26'$  et au solstice d'été et au 21 Juin grégorien. Un cadran solaire équipé des arcs de déclinaison est aussi un indicateur de dates.

Le cadran de Carthage surpasse, sur ce point, tous les scaphés à oeillette, y compris celui de Pergame, puisqu'il comporte les 7 courbes du zodiaque qui découpent l'année astronomique en 12 tranches de  $30^\circ$ , alors que celui de

Pergame, d'après les dessins consultés, n'en comporte que 3: les deux solstices et l'équinoxe (servant deux fois).

## 25 Les lignes horaires sur le scaphé de Carthage

\*\*\*\*\*

A la période qui nous occupe, soit le I<sup>er</sup> siècle de notre ère, environ, les Romains, par une facilité de langage dont nous avons hérité, appelaient "jour" une durée comprenant le "jour clair" et la nuit qui lui succédait.

Le "jour clair" allait du lever au coucher du Soleil; la nuit du coucher au lever du Soleil. Le jour, au sens vulgaire, avait donc toujours la même durée, un accroissement du "jour clair" étant compensé par un raccourcissement de la nuit et vice versa.

Le jour clair était divisé en douze heures, égales entre elles, chaque jour, mais variables selon la date. C'était le système des heures temporaires, tellement répandu dans l'Antiquité qu'on les appellera aussi: inégales, antiques, bibliques, judaïques. Dans ce comput, l'instant de midi, culmination du Soleil au méridien local (au sud, dans notre hémisphère et hors zone tropicale), est la sixième heure accomplie et marque le début de la septième. Ces heures ne sont pas des instants mais des durées: à un instant donné il n'est pas "tant d'heures et tant de minutes" mais "on est dans la Nième heure". Il n'y a pas de subdivisions comparables à nos minutes ou à nos quarts d'heure. Les lignes d'heures temporaires fonctionnent comme des frontières.

La nuit, dont le décompte n'intéresse que les militaires, plus particulièrement ceux qui sont de garde, est divisée en quatre veilles, les "vigiliae" qui donneront leur nom à la prière canoniale du lever du Soleil, primitivement nommée "matines" ou "manes", puis "vigiliae", avant de devenir "prime" qui subsiste encore. La troisième veille commence à minuit, pour autant qu'on soit capable de saisir cet instant.

Dans le langage courant des premiers siècles de notre ère, les expressions se multiplieront, mais sans préciser la mesure. Voici les treize citées par plusieurs auteurs, avec leur traduction approximative:

Diluculum.....	Pointe du jour
Mane.....	Le matin
Ad meridiem.....	Vers midi
Meridies.....	Midi
De meridie.....	Après midi
Suprema.....	Le coucher du Soleil
Vespera.....	Le soir
Crepusculum.....	Le crépuscule du soir
Prima fax.....	La première torche
Concubium.....	Nuit avancée
Intempesta nox.....	Nuit profonde
Media nox.....	Milieu de la nuit
Gallicinium.....	Le chant du coq

Au Moyen Age, les moines chargés de surveiller l'apparition de l'aube seront surnommés les "vigilalos".

Le cadran de Carthage, qu'on sait calculé pour la latitude 41° et non 37°, présente donc les heures temporaires d'un lieu situé près de Rome, ce qui le fera quelque peu diverger quand il sera installé à la latitude 37° Nord. Même connue, cette imprécision n'a eu aucune importance: le consensus des utilisateurs efface l'erreur dans ses conséquences d'ordre pratique.

La durée de l'heure temporaire de jour dépend de la latitude du lieu et de la déclinaison du Soleil. Si le Soleil ne se couche pas, dans les hautes latitudes, la durée de l'heure temporaire vaut, évidemment, 2 heures (24 / 12). Voici les durées de celles de Carthage:

Longit. éclipt.	Déclinaison Soleil	AH/ Lev/Cou	H.Lev	H/Cou	Durée Jour clair	Durée H.Temp.
90°	23°68	70°70	4h.43m.	19h.17m.	14h.34m.	1h.13m.
60°/120°	20°36	73°76	4h.55m.	19h.05m.	14h.10m.	1h.11m.
30°/150°	11°59	81°11	5h.24m.	18h.36m.	13h.12m.	1h.06m.
0°/180°	0°00	90°	6h.00m.	18h.00m.	12h.00m.	1h.00m.
210°/330°	-11°59	-81°11	6h.36m.	17h.24m.	10h.48m.	0h.54m.
240°/300°	-20°36	-73°76	7h.05m.	16h.55m.	9h.50m.	0h.49m.
270°	-23°68	-70°70	7h.17m.	16h.43m.	9h.26m.	0h.47m.

Bien entendu, ces valeurs renferment une minuscule erreur puisque la déclinaison du Soleil ne cesse pas de varier, même au cours d'une seule journée, sauf lors des solstices.

En théorie, le cadran peut fonctionner, en toute saison, du lever au coucher du Soleil: dès que celui-ci est élevé, si peu que ce soit, au dessus de l'horizon, ses rayons peuvent traverser l'orifice, même si la petite tache de lumière qui parcourt alors la paroi de la coupe est bien déformée, pâle et "baveuse".

Cela n'est possible que parce que l'orifice gnomonique se trouve au point zénithal de la coupe et que rien ne peut faire obstacle puisque la pierre a été largement arasée.

## 26 Le calendrier romain au Ier siècle de notre ère

\*\*\*\*\*

En l'an 708 de Rome, année de confusion, Jules César, aidé par l'astronome égyptien Sosigène, fonde le calendrier julien qui régira toute l'Europe, depuis l'an 45 avant notre ère, jusqu'à la réforme grégorienne, en 1582, et souvent plus tardivement encore.

C'est déjà le troisième calendrier romain. Il admet pour vrai que l'année tropique vaut exactement 365 jours et 1/4 de jour. Pourtant, cent ans plus tôt, le grand

astronome Hipparque a établi une meilleure valeur à 365 j. 5 h. 55 m., valeur remarquable puisque, actuellement nous n'avons qu'à peine, amélioré les minutes, devenues 49 au lieu de 55.

César décide donc que l'équilibrage parfait entre l'année tropique et l'année utilitaire, qui ne peut admettre une fraction de jour, se fera de la façon suivante:

1) trois années communes de 365 jours seront suivies d'une année bissextile de 366 jours.

2) l'équinoxe de printemps tombera le 25 mars

3) le premier jour de l'année sera le 1er janvier et non plus le 1er mars.

Cela conduit à poser que le jour 1 de l'an 1 julien est le 1er janvier de l'an 45 avant notre ère.

Mais cette année julienne est trop longue de 11 minutes et 14 secondes, ce qui représente 1 jour en 128 ans et, donc, le calendrier julien prend du retard sur les saisons astronomiques observées : un événement astronomique tel que l'équinoxe de printemps avancera de 3 jours en 4 siècles.

Au concile de Nicée, en 325 de notre ère, une première retouche au calendrier julien sera adoptée, mais elle ne concerne que la fixation de la date de Pâques et ne peut donc pas nous intéresser ici. Le scaphé de Carthage fonctionne donc en calendrier julien non réformé.

Les mois de César sont les nôtres, avec le même nombre de jours, et, depuis l'an 8 avant notre ère, soit 22 ans avant la mort d'Auguste (en 14 de notre ère), ils portent les noms suivants:

Januarius . Februarius. Martius. Aprilis. Maius. Junius.

Julius. Augustus. September. October. November. December.

Initialement le mois de Julius s'appelait Quintilis et fut renommé, en l'an 38 avant notre ère (716 de Rome), sur proposition d'Antoine, en hommage posthume à Jules César. De même, en 746 de Rome, soit en 8 avant notre ère, le mois de Sextilis fut renommé Augustus, en l'honneur d'Auguste, par décision du Sénat, donc 22 ans avant la mort d'Auguste.

Ainsi donc, la présence, parmi les noms des mois, gravés dans le scaphé, du nom d'Augustus, marque une date butoir pour la datation haute de ce cadran: il ne peut pas être antérieur à cette décision de renommer le mois de Sextilis en Augustus, sauf si l'on devait imaginer que les inscriptions sont postérieures à la gravure des cercles qu'elles identifient, hypothèse que rien ne vient suggérer.

Les jours romains se comptent, en rétrogradant, de la façon suivante:

a) le premier jour du mois, ce sont les Calendes

b) le 5 ou le 7, ce sont les Nones

c) le 13 ou le 15, ce sont les Ides

d) entre les Calendes et les Nones, on est "x" jours avant les Nones

e) entre les Nones et les Ides, on est "x" jours avant les Ides

f) entre les Ides et les Calendes, on est "x+1" jours avant les Calendes: l'avant-veille des Calendes est "III ante Kal" et non pas "II ante Kal". La veille des Calendes est donc "Pridie Kal".

Ainsi, pour ce qui nous retient ici, on peut dire que les 7 cercles du scaphé marquaient les dates suivantes, avec, une fois sur deux, une tolérance d'un jour:

équinoxe de printemps:	25/03 .....VIII ante Kal. Aprilis
date intermédiaire :	24/04 .....VIII ante Kal. Maii
date intermédiaire :	25/05 .....VIII ante Kal. Junii
solstice d'été :	24/06 .....VIII ante Kal. Julii
date intermédiaire :	25/07 .....VIII ante Kal. Augusti
date intermédiaire :	25/08 .....VIII ante Kal. Septembris
équinoxe d'automne :	24/09 .....VIII ante Kal. Octobris
date intermédiaire :	25/10 .....VIII ante Kal. Novembris
date intermédiaire :	24/11 .....VIII ante Kal. Decembris
solstice d'hiver :	25/12.....VIII ante Kal. Januarii
date intermédiaire :	25/01 .....VIII ante Kal. Februarii
date intermédiaire :	24/02 .....( ) ante Kal. Martis

Quand Février avait 29 jours, c'est le 24 (VI ante Kal.) qui était bissé (bis sextilis), mais le 25 restait toujours le V ante Kal.

On voit que les dates juliennes des quatre saisons sont parfaitement marquées par les courbes première, quatrième et septième du scaphé.

## 27 Mise en station du cadran

\*\*\*\*\*

Malgré ses dimensions, le scaphé ne pouvait être consulté facilement, surtout pour ses heures extrêmes, a fortiori lorsque la tache de lumière se plaçait près de la courbe du solstice d'hiver, que si le consultant pouvait en approcher son visage, ce qui exclut un emplacement au sol. Le cadran devait se trouver posé sur une colonne, comme le suggère notre dessin. Peut-être, même, avait-on construit, au pied de la colonne, quelques degrés pour permettre à des personnes de tailles différentes de regarder en haut et en bas, au bord et au fond du cadran, en levant ou en abaissant seulement le regard, sans avoir à trop basculer la tête. L'usure du bord inférieur, de part et d'autre du cercle méridien de la sixième heure, donne à imaginer de petites mains d'enfants, appuyées sur le marbre, pendant que le pédagogue expliquait le fonctionnement du merveilleux instrument.

## 28 Nature mathématique des courbes. Méthode de tracé

\*\*\*\*\*

### 281) les explications de Sharon Gibbs

-----

Les courbes de déclinaison manifestent, pour chacune des sept déclinaisons choisies, les intersections du cône solaire, ou cône diurne, avec

l'intérieur d'une sphère, étant observé que l'axe du cône ne passe pas par le centre de la sphère. Au Ier siècle de notre ère, de bons mathématiciens pouvaient, probablement, calculer les points nécessaires, mais c'était un calcul savant et le report de ces valeurs sur la paroi ne pouvait être que délicate. La courbe résultante est définie par Gibbs comme un "limaçon de Pascal", mais en trois dimensions, soit une conchoïde spatiale. Gibbs donne de rapides explications aux pages 23 à 27 et dans la note 10, page 98. Nous y renvoyons le lecteur. Il suffira de dire ici que Gibbs, qui suit fidèlement Joseph Drecker, met en évidence les difficultés à affronter: les courbes de déclinaison sont, en réalité, des variations tridimensionnelles de la courbe conchoïde (sauf la courbe des équinoxes qui, selon elle et selon D.Savoie et R.Lehoucq, est un vrai cercle, donc contenu dans un plan); les lignes horaires ont des parcours particulièrement complexes, qui ne sont pas des arcs de petits cercles ; la ligne de la sixième heure est un arc de grand cercle, celui du méridien. Gibbs pense que la solution mathématique de ces difficultés était hors de portée des cadraniers, même si elle était maîtrisée par quelques célèbres mathématiciens ou astronomes; mais il ne subsiste aucun ouvrage établissant un tel niveau scientifique. Cependant, les cadraniers pouvaient recourir à des procédés de tracé qu'on trouve, de nos jours, dans un traité de géométrie descriptive, ou, parfois, simplifier le problème, en se contentant de formes quasi-circulaires, pour un tracé empirique.

On peut, ici, noter que si un tel scaphé était construit pour l'équateur, (voir les planches en annexe), toutes ses 7 courbes de déclinaison seraient, alors, de véritables cercles subdivisés, tous, en 12 arcs de  $30^\circ$ , puisque l'axe des cônes diurnes passerait par le centre de la sphère.

On notera une hésitation de Gibbs qui attire l'attention sur le fait que, seule, la courbe diurne intermédiaire, donc celle des équinoxes, est un cercle véritable; les six autres sont nettement plus compliquées à tracer, puisqu'elles se développent dans un espace tridimensionnel.

Mais elle écrit, dans sa note 10, que: "Le limaçon tridimensionnel, gravé à l'intérieur de la coupe, est, fondamentalement, le lieu géométrique des points sur les grands cercles passant à travers l'orifice gnomonique et à une distance donnée du cercle de l'équateur."

## 282) Les recherches de Denis Savoie et Roland Lehoucq.

---

Dans leur article de la Revue d'Archéométrie ces deux auteurs établissent les conclusions suivantes :

- 1°) la courbe des équinoxes est un cercle authentique, donc une courbe plane.
- 2°) les six autres courbes de déclinaison sont des conchoïdes tridimensionnelles de ce cercle équatorial.
- 3°) la courbe de la sixième heure temporaire est un arc de grand cercle, confondu avec le méridien.

4°) les dix autres lignes d'heures temporaires n'ont pas d'appellation mathématique. S'il s'agissait d'heures de temps vrai (angle horaire du Soleil), elles seraient des arcs de petits cercles issus de l'œilleton ; mais comme les heures temporaires ne convergent pas au pôle, ce ne sont en réalité que des successions de points, subdivisant en douze segments ( égaux ou inégaux selon le cas) les courbes de déclinaisons tracées et d'innombrables autres courbes non tracées, virtuellement suffisamment serrées, pour les calculs, pour que la proximité de ces points soit telle qu'ils dessinent des lignes sans lacunes.

Ici nous rappellerons que les lignes d'heures temporaires, sous nos latitudes et sur les cadrans plans, sont généralement confondues avec des droites, par facilité ; mais, en annexe, nous présentons quelques tracés d'heures temporaires, à différentes latitudes, pour montrer leur formes exactes qui manifestent bien qu'elles ne sont que le fractionnement en douze portions de l'arc semi-diurne du Soleil, chaque jour. Et, bien entendu, il ne suffit pas de découper, en espaces égaux, la longueur d'une courbe de déclinaison pour que ces subdivisions marquent des temps égaux ; cela n'est vrai que sur le cercle des équinoxes.

#### 283) Méthodes possibles de tracé

-----

Nous ne savons pas comment s'y prenaient les cadraniers d'Aquileia ou de Rome pour construire leurs scaphés. Peut-être disposaient-ils de gabarits ou bien se fiaient-ils au Soleil lui-même pour "piquer", au fond de la coupe, les points dont ils avaient besoin. Mais il ne faut pas oublier que ce scaphé de Carthage, pourtant, à l'évidence, œuvre de prestige, comporte quelques irrégularités, surtout sur les lignes horaires, trop tourmentées à proximité de l'œilleton.

Ils pouvaient, aussi, tracer, à l'intérieur de la sphère, un canevas auxiliaire balisé par les parallèles et les méridiens, avec l'œilleton pour pôle. Cela leur procurait les hauteurs et les azimuts; puis, à travers ce réseau, ils auraient pointé les passages des heures et des arcs de déclinaison, manœuvre quand même ardue, car il aurait fallu transformer en autant de paires de coordonnées locales toutes les paires de coordonnées équatoriales qu'on avait à marquer, ce qui impliquait des centaines d'équations à traiter.

Cependant, il faut se souvenir que la sphère armillaire remonte à Archimède, vers 250 avant notre ère, précédant de peu le célèbre "Traité des sections coniques" du mathématicien Apollonios de Perge (c.262-190) et que Claude Ptolémée, vers 150 de notre ère, connaissait la projection stéréographique, dont il parle dans son "Traité du Planisphère". Il avait aussi construit son "astrolabon organon". Là, encore, il fallait convertir les coordonnées "Déclinaison" et "Angle horaire" en coordonnées "Hauteur" et "Azimut". Mais le savoir n'apportait pas forcément le savoir-faire et ce dernier ne garantissait pas l'habileté manuelle. Là résidait la véritable difficulté. Dans la coupe du scaphé de Carthage se voient des pointés par où aurait peut-être passé

un menaeus, cercle auxiliaire facilitant le tracé des autres courbes. Ce point a été mis en évidence par D. Savoie et R. Lehoucq (op. cit.)

Dans son étude, "Come facevano ?", Alessandro Gunella présente une procédure qui encastre une sphère armillaire dans une demi-sphère de marbre sur laquelle le report des points serait ainsi quasi-automatique, mais cela reste une hypothèse.

De son côté, José Maria Raya Roman affronte aussi le problème dans son travail "Reloj solar de Belo", non exempt d'inexactitudes.

A notre époque, il existe un choix entre plusieurs façons de procéder: elles sont, toutes, aussi faciles à expliquer et à comprendre que difficiles et pénibles à mettre en œuvre. Sans doute, serait-il plus judicieux de faire exécuter le dessin par une pointe traçante pilotée par ordinateur, mais en trois dimensions, ce qui hélas, n'a plus rien du geste artistique des lapicides anciens.

A titre d'exemple, si l'on gradue la sphère en hauteurs et azimuts, en y traçant, provisoirement, des "méridiens" et des "parallèles", avec l'oeilleton pour pôle et si l'on s'impose de calculer quatre points par heure temporaire, étagés sur 10 courbes de déclinaison, on arrive à 460 points qu'il faudra ensuite réunir en courbes aussi peu cabossées que possible. C'est la méthode qui a été utilisée par le Club astronomique de Lyon-Ampère pour construire son scaphé qui fut l'ornement des journées de "La Science en fête" d'octobre 2000. On avait choisi une demi-sphère en plastique transparent, du modèle utilisé par les pâtisseries pour protéger leurs tartes des insectes avides de sucre; les méridiens et les parallèles avaient été tracés sur le côté convexe et, par transparence, on avait piqué, sur le côté concave, les points de passage des courbes de déclinaisons et des lignes d'heures temporaires, à travers ce réseau de coordonnées locales; puis la face convexe avait été peinte en noir. Seules restaient visibles les tracés dans la coupe.

On peut aussi procéder comme l'explique Denis Savoie au chapitre XV de "La Gnomonique", Editions Les Belles Lettres 2001; mais mesurer des distances à l'intérieur d'une sphère avec un mètre à ruban exigera des doigts de fée.

Finalement, nous pensons que la meilleure méthode, à la portée du simple amateur, consiste à faire tracer les lignes du scaphé, à plat, par une imprimante d'ordinateur, sur des fuseaux sphériques, à découper, dont on tapissera la coupe du scaphé, tout comme procèdent les fabricants de globes terrestres, mais du côté convexe. En annexe nous donnons un exemple de ce travail qui ne soulève pas de difficulté de programmation.

## CONCLUSION

\*\*\*\*\*

Il ne subsiste, dans le monde, que très peu de scaphés à œilleton. Celui-ci est certainement le plus beau, tant par son décor que par la présence des sept

courbes diurnes annotées des noms des mois, eux-mêmes complétés par les mentions des solstices.

La décision de son propriétaire de le révéler à la communauté scientifique, puis de lui faire donner séjour au Louvre, mérite la reconnaissance de tous ceux qui aiment de tels monuments du génie humain, dans les siècles passés.

Très modeste amateur, nous ne devons qu'au hasard, et non à notre mérite, d'avoir eu à nous occuper du scaphé de Carthage et nous voudrions unir, dans un même témoignage de gratitude, le discret collectionneur d'antiques et nos collègues de la Société Astronomique de France dont l'aide nous a été indispensable et tellement enrichissante.

Il nous faut aussi inviter tous les amoureux de la gnomonique à poursuivre la recherche, car il reste encore beaucoup à trouver et à dire sur cette famille de cadrans.

\*\*\*\*\*

## BIBLIOGRAPHIE

\*\*\*\*\*

Almagro Antonio

Etude photogrammétrique de l'horloge romaine de Mérida.

in CIPA XIII International Symposium de Cracow 23/26 octobre 1990

Arnaldi Mario

Il conchincollo, l'antico orologio di Ravenna

Edizione Essegi. Ravenna 1996

Avignat J

Géométrie descriptive ; Ed. Dunod 1972

Bornecque Henri ; Mornet Daniel Cordier

A. Rome et les Romains ; Ed. Delagrave ; Paris 1943

Bouchet Ulysse

Hémérologie ou traité pratique et complet des Calendriers. Paris 1868

Brind'Amour P

Le Calendrier romain ; Ed: Université d'Ottawa 1983.

Delambre J.-B

Histoire de l'astronomie moderne ; Vol. 1 pp. 1 à 84

- Drecker Joseph  
Theorie der Sonnenuhren; Berlin 1925
- Dreyfus Robert  
Hémérologie et Essais de chronologie ; Paris 1977
- Fantoni Girolamo  
Orologi solari ; Ed. Technimedia; Rome 1988
- Gibbs Sharon L  
Greek and Roman Sundials.Ed. Yale University Press New Haven &  
London 1976
- Gunella Alessandro  
Come facevano ? in Gnomonica N° 2 Gennaio 1999
- Homet Jean-Marie  
Les Cadrans solaires ; Ed. Ch. Massin ; Paris c.1985
- Lefort Jean  
La saga des calendriers ; Ed. Belin (Pour la Science) 2000
- Pasquier Alain  
site du musée du Louvre : une présentation du scaphé de Carthage  
<http://www.louvre.fr/français/magazine/ager/cadran.htn>
- Raya Roman José-Maria  
Reloj solar de Belo ; in Boletín del museo arqueológico nacional.  
Madrid: 1984 ( II )
- Rohr René  
Les Cadrans solaires ; Ed. Gauthier Villars Paris 1965
- Rohr René  
Les Cadrans solaires ; Ed. Oberlin ; Strasbourg 1986
- Savoie Denis  
La Gnomonique ; Ed. Les Belles Lettres Paris 2001
- Savoie Denis et Lehoucq Roland  
Etude gnomonique d'un cadran solaire trouvé à Carthage  
Revue d'Archéométrie 25 / 2001

( important aussi par sa bibliographie)

Schumacher Heinz

Sonnenuhren ( tome I ); Ed. Callwey ; Munich 1978

Smith D.-E.

History of mathematics Vol. 2 ; Ed. Dover Publications

Trinchero Aldo, Moglia Lando, Pavanello Gian Carlo

L'Ombra e il tempo; Ed. Vanel à Torino 1988

Vitruve

De Architectura ( trad: Ch. Perrault )

\*\*\*\*\*

## ANNEXE 1

### CATALOGUE DES "ROOFED SPHERICAL DIALS" CHEZ GIBBS

\*\*\*\*\*

Nous ne répétons pas pour chacun des 24 cadrans de Gibbs, les caractéristiques qui leur sont communes à savoir:

- présence (ou intention) de 11 lignes d'heures temporaires, parfois 9 seulement.
- présence (ou intention) de 3 arcs: solstices et équinoxes
- aucune inscription identifiant les heures ni les arcs
- aucune inscription en rapport avec le zodiaque
- (le cadran 2017/G porte une dédicace)

N°Gibbs	Provenance	Localisation	Observations
2001/G	Altino (I)	Altino (musée)	bateau sculpté
2002/G	Aquileia (I)	Aquileia (v.sacra)	4 profils humains
2003/G	Aquileia (I)	Aquileia (musée)	2 rosettes
2004/G	Aquileia (I)	Aquileia (musée)	amphores ; feuilles d'acanthé ; rosettes
2005/G	Aquileia (I)	Aquileia (musée)	-----
2006/G	Aquileia (I)	Aquileia (musée)	pétales, vrilles
2007/G	Aquileia (I)	Aquileia (musée)	rosettes, vrilles
2008/G	Aquileia (I)	Aquileia (musée)	FRAGMENT
2009/G	Aquileia (I)	Aquileia (musée)	FRAGMENT
2010/G	Aquileia (I)	Aquileia (musée)	FRAGMENT

2011/G	Aquileia (I)	Udine (I) (musée)	FRAGMENT
2012/G	Pula (Y)	Pula (Y) (musée)	-----
2013/G	Pula (Y)	Pula (Y) (musée)	-----
2014/G	Trieste (I)	Trieste (I) (musée)	-----
2015	Trieste (I)	Trieste (I) (musée)	feuilles d' acanthe
2016/G	Salona (Y)	Split (Y) (musée)	corne d'abondance
2017/G	Volterra (I)	Voltera (I) (musée)	rosettes; pieds de lion
2018/G	Bologna (I)	Bologna (I) (musée)	-----
2019/G	Pompei (I)	Pompei (I) (granario)	-----
2020	Belo-Cadix(E)	Madrid (E) (musée)	rosettes ; pieds de lion
2021/G	Rome (?) (I)	Vatican (V) (musée)	pieds de lion
2022	Rome (I)	Rome (I) (musée Palat)	-----
2023/G	Pergame (T)	Berlin (D)Pergamonmus	rosettes, pieds de lion
7001/G	Tenos (G)	Tenos (G) (musée)	multiface, inscriptions

\*\*\*\*\*

## ANNEXE 2 :

### LISTE DES CADRANS ANTIQUES REPERTORIES EN FRANCE

\*\*\*\*\*

#### 1°) Cadrons connus de la SAF et inconnus de Sharon Gibbs

Département	Ville	N°SAF
-----	-----	-----
07	Annonay (Musée César Filhon)	1276
12	Rodez (Musée Fenaille)	1819
34	Quarante (Musée)	4536
59	Bavay (Musée)	6308
73	Conflans (Musée)	""

#### 2°) Cadrons connus de la SAF et de Sharon Gibbs

Département	Ville	N°GIBBS	N°SAF
-----	-----	-----	-----
11	Narbonne (Musée lapidaire)	5020	1723
13	Auriol ?	3098	""
30	Nîmes (Musée archéologique)	1045	4202
34	Nissan-lès-Ensérunes	1047	4529
38	Grenoble (Musée dauphinois)	1046	4774
67	Bettwiller (Musée)	""	""
73	Aix-les-Bains (Musée lapidaire)	3097	""
89	Auxerre (Musée)	3099	""

### 3°) Cadrons au Musée du Louvre (Paris)

	N°GIBBS	N°Louvre	N°SAF
Cadran sphérique en marbre	1057	MA839	7974
Cadran hémisphérique marbre	1058	MA1775	7975
Cadran hémisphérique (Damas)	1066	AO3025	7976
Cadran conique double (Hérakléia)	3049	MA2820	7977
Cadran conique (Pergame)	3053	MA2880	7978
Fragment (Ourn el Awamid)	3094	AO4823	7979
Scaphé trouvé à Carthage	""	MNE1178	""

### 4°) A élucider

Le N° 4077 de la SAF:

29 Pont l'Abbé : Cadran hémisphérique en marbre

\*\*\*\*\*

## ANNEXE 3

### NOTE SUR LES HEURES TEMPORAIRES DESTINEE AUX VISITEURS DE L'EXPOSITION DU C.A.L.A.

\*\*\*\*\*

### Lecture de l'heure temporaire dans le scaphé

(Exposition de « La Science en fête », le 21 octobre 2000 ; ENS / Lyon)

Chaque jour, nous voyons le Soleil parcourir, dans le ciel, un trajet où l'on reconnaît un arc de la sphère céleste, l'arc diurne du Soleil; il se mesure donc en degrés et en heures (1 heure = 15°), et sa valeur dépend de la latitude de l'observateur et de la déclinaison du Soleil.

Exemple: les jours d'équinoxes l'arc diurne vaut 180° et compte 12 heures.

Si l'on divise cet arc en 12 tranches égales on obtient une mesure particulière du temps qui s'appelle "heure temporaire", également dénommée: heure antique, inégale, biblique, judaïque.

Ces heures sont des durées et non des instants comme nos heures modernes et les lignes tracées sur les cadrons en sont les frontières. Entre deux lignes temporaires il n'est pas "Z heure", mais "on est dans la Z ième heure temporaire".

Quelle que soit la date, on compte toujours 12 "heures" de jour et 12 "heures" de nuit.

Les tableaux joints montrent qu'à Lyon les durées temporaires varient presque du simple au double puisqu'une heure temporaire dure:

1h 18m le 21 juin

1h 00m le 21 mars et le 22 septembre

0h 42m le 21 décembre

Il est dénué de sens de comparer un cadran d'heure temporaire à un cadran d'angle horaire ( temps vrai, moyen, U.T, légal ...) pour dire que l'un avancerait ou que l'autre retarderait ; ce serait comparer des instants à des durées ou du temps à de l'espace, purs paralogismes.

En revanche, on peut considérer l'heure temporaire pour en déduire l'heure légale, bien que ce soit un exercice un peu oiseux.

Voyons la marche à suivre le 21 ou le 22 octobre 2000 à l'E.N.S.:

1°) savoir que le Soleil se lève à 6h 48m (temps vrai), qu'il se couche à 17h. 12m. puisque sa déclinaison est :  $-11^{\circ}5'$ ...

2°) en déduire que la durée du jour clair est de 10h 24m et celle de la nuit de 13h 36m.

3°) en déduire que la durée de l'heure temporaire de jour sera de 52 minutes tandis que la durée d'une heure temporaire de nuit sera de 68 minutes. La somme des deux égale toujours 120m.

4°) calculer les bornes des heures temporaires de jour:

HTJ 1 va de 6h 48 à 7h 40 (tracée sur 7h 40)

HTJ 2 7h 40 à 8h 32 id

HTJ 3 8h 32 à 9h 24 id

HTJ 4 9h 24 à 10h 16 id

HTJ 5 10h 16 à 11h 08 id

HTJ 6 11h 08 à 12h 00 id

HTJ 7 12h 00 à 12h 52 id

HTJ 8 12h 52 à 13h 44 id

HTJ 9 13h 44 à 14h 36 id

HTJ 10 14h 36 à 15h 28 id

HTJ 11 15h 28 à 16h 20 id

HTJ 12 16h 20 à 17h 12 (non tracée)

5°) violer hardiment l'esprit des heures temporaires en estimant dans quelle fraction de l'heure on voit la tache de lumière (et contentons-nous de quarts d'heure !). Ainsi la valeur, en temps vrai, de la ligne temporaire dépassée, sera majorée de 13m pour 1/4 de l'espace ; de 26m pour la moitié de l'espace et de 39 minutes pour les 3/4 de l'espace.

Ainsi nous pourrions énoncer le temps vrai qu'il est, avec une tolérance de 6 ou 7 minutes ce qui n'est pas fameux. Mais on peut raffiner !

6° passer du temps vrai au temps légal d'hiver en procédant aux corrections suivantes:

ajouter 60 minutes (heure légale d'hiver)

ôter 19 minutes (écart en longitude)

ôter 15 minutes (équation du temps)  
soit en tout: 26 minutes.

Pour donner une illustration et une seule, notons que si la tache de lumière se pose sur la temporaire N°4, il doit être, à votre montre: 10h. 16m. plus 26m. soit 10h 42. Quand la tache quittera l'espace "quatrième temporaire", il devra être : 11h 08 plus 26m soit 11h 34m.

\*\*\*\*\*

## ANNEXE 4

### LES NOMS GRECS DES SIGNES DU ZODIAQUE

\*\*\*\*\*

N.B. Nous regrettons de n'avoir pas pu conserver les esprits et les accents.

Le Bélier .....	κρειος	KPEIOZ
Le Taureau .....	ταυρος	TAYPOZ
Les Gémeaux .....	διδυμοι	ΔΙΔΥΜΟΙ
Le Cancer .....	καρκινος	KARKINOS
Le Lion .....	λεων	ΛΕΩΝ
La Vierge .....	παρθενος	ΠΑΡΤΘΕΝΟΣ
La Balance .....	ζυγος	ZYΓΟΣ
Le Scorpion .....	σκορπιος	ΣΚΟΡΠΙΟΣ
Le Sagittaire .....	τοξοτης	ΤΟΞΟΤΗΣ
Le Capricorne .....	αιγοκερωσ	ΑΙΓΟΚΕΡΩΣ
Le Verseau .....	υδροχοος	ΥΔΡΟΧΟΟΣ
Les Poissons .....	ιχθυες	ΙΧΘΥΕΣ

\*\*\*\*\*

## ANNEXE 5

### PRINCIPES POUR UNE METHODE DE TRACE GEOMETRIQUE

\*\*\*\*\*

Chaque jour, le cône solaire aboutit à l'oeilleton zénithal du scaphé, qui forme son sommet, s'y inverse en un cône intérieur et symétrique, et va faire

intersection avec la paroi de la coupe hémisphérique. Tout point gnomonique à y inscrire est donc l'un de ces points d'intersection et les courbes gnomoniques, elles-mêmes, ont à réunir des familles de points.

Hormis la courbe diurne de déclinaison nulle, convenable pour les équinoxes, et qui est un cercle et hormis encore la ligne horaire de midi (ou sixième heure temporaire), qui est un arc de grand cercle, tous les autres tracés gnomoniques confrontent le cadranier à de sérieuses difficultés ; en effet, il lui faut, d'une façon ou d'une autre, reporter des dimensions sur une paroi sphérique.

Une méthode simple se présente, d'abord, à l'esprit ; elle comporte plusieurs variantes qui consistent, toutes, à calculer les emplacements des points gnomoniques sous forme de distances depuis des repères choisis comme origines. Ces distances sont alors à reporter dans la coupe à l'aide d'un mètre souple dit mètre de couturière. Les calculs ne sont pas complexes, mais l'habileté manuelle, la précision du geste et la patience requise ne se trouvent guère que chez d'excellents artisans.

Il nous semble que la méthode exposée ici, outre qu'elle est plus satisfaisante sur le plan de l'analyse astronomique, ne dresse pas autant d'obstacles devant le simple amateur. De plus, elle n'est qu'une application particulière d'un "ars gnomonica" très élégant et convenable à tous les cadrans imaginables.

Nous dirons, d'abord, quelques mots sur son principe, puis nous en viendrons au cas du scaphé hémisphérique à oeillet zénithal et au formulaire à utiliser.

## LES ETAPES DE LA METHODE

-----

Intéressons-nous à une position du Soleil définie par ses coordonnées horaire et équatoriale, soit l'angle horaire et la déclinaison. Ces coordonnées sont celles que l'on demande prioritairement à un cadran de manifester. Nous allons les transformer en coordonnées de la sphère locale, soit la hauteur et l'azimut. Puis nous les ferons glisser sur le cadran. Il y a là une méthode générale de construction des cadrans solaires qui saisit l'astre sur la sphère céleste, en déduit sa position sur la sphère locale et l'enregistre sur la table du cadran.

On peut proposer une illustration simple de cette manoeuvre, en considérant une maquette de la sphère céleste posée, par son pôle Sud céleste, sur le pôle Nord de la Terre. Les méridiens et les parallèles qui, sur Terre, forment le réseau des coordonnées géographiques, latitude et longitude, forment sur la sphère céleste le réseau des coordonnées horaire et équatoriale du Soleil. La longitude correspond aux cercles horaires; la latitude correspond à la déclinaison.

Mais on doit aussi considérer que cette sphère céleste est en même temps la sphère locale: ses courbes de hauteur sont confondues avec les courbes de

déclinaison de la sphère céleste et ses cercles d'azimut sont confondus avec les cercles d'angles horaires de la sphère céleste. L'axe polaire de l'une est confondu avec l'axe zénith-nadir de l'autre. L'horizon et l'équateur sont deux plans confondus. Bien entendu, cela n'est vrai que parce que nous sommes au pôle Nord.

Si nous faisons descendre la sphère ambivalente le long du méridien, en laissant son nadir en contact avec la surface de la Terre, nous provoquons un divorce des coordonnées; les coordonnées locales, toujours définies par l'axe zénith-nadir et l'horizon, ne se superposent plus aux coordonnées horaire et équatoriale, toujours définies par l'axe du monde et le plan de l'équateur céleste.

Il n'est pas difficile de convertir un couple de coordonnées en l'autre couple et il existe, même, de petits instruments, tels que le "Girasol", bien connu des architectes, qui permettent de passer des unes aux autres, simplement en faisant tourner entre les doigts deux disques de plastique (1).

## LE SCAPHE HEMISPHERIQUE MERIDIONAL A OEILLETON ZENITHAL

---

La première manoeuvre consiste à décider quelle sera l'inclinaison de la demi-sphère, c'est à dire l'angle que formera son plan équatorial avec la verticale du lieu d'installation. On dispose d'une certaine tolérance, mais il est souhaitable que le point de midi, au solstice d'été, se place près du bord de la coupe, ce qui assure la meilleure utilisation possible de la surface totale du scaphé. Cela donne la position de l'oeillette, au zénith de la coupe. Pour notre propos, c'est une position obligée, mais tous les autres emplacements peuvent convenir. La position zénithale est seulement la plus avantageuse, parce qu'elle permet aux rayons du Soleil de pénétrer dans le scaphé du lever au coucher.

Il faut alors tracer, à titre provisoire ou définitif, un réseau de méridiens, avec l'oeillette pour pôle, tous les 10 degrés, par exemple. Ces méridiens sont les cercles azimutaux. Leur tracé se fera avec un gabarit, découpé à la mesure de la demi-circonférence. Il faut prendre garde au fait qu'on ne dispose que d'un seul pôle pour manoeuvrer le gabarit. De la même façon, et avec des gabarits à la mesure de petits cercles, on trace des parallèles horizontaux qui sont les almucantarats ou cercles de hauteur. On notera que la graduation convenable à ces cercles, puisqu'elle mesure des angles issus de l'oeillette, doit valoir le double de ce qu'elle vaudrait pour des angles issus du centre. Ainsi, la hauteur du Soleil, qui vaut 0° au ras de l'oeillette, vaudra 90° au nadir de la coupe. Au minimum, il faut tracer tous les 10 degrés de hauteur.

Pour chaque point solaire qu'on veut placer dans ce réseau, et qui est défini par son angle horaire et sa déclinaison, on calcule quels sont sa hauteur et son azimut et il ne reste qu'à le marquer à sa juste place. Ensuite, il faudra réunir les points horaires et les points de déclinaison le plus élégamment possible, sans trop cabosser les courbes. On sera souvent conduit à piquer un grand nombre de points au fond de la coupe pour parvenir à un résultat acceptable.

Bien entendu, avec un ordinateur, calculer cent ou mille points n'est pas plus difficile. Cela prend, simplement, un peu plus de temps et beaucoup plus de papier.

Pour éviter de tracer les graduations à la main, on peut recourir à des machines, ou penser à des impacts de rayons laser qui localiseraient les points d'une façon infaillible, ou faire exécuter le travail par gravure à la pointe traçante pilotée par ordinateur.

## FORMULAIRE A UTILISER

-----

Il doit permettre de répondre aux deux questions:

1°) quels sont la hauteur et l'azimut d'un point particulier d'angle horaire, pour toutes les valeurs de la déclinaison solaire comprises entre  $-23^{\circ}44$  et  $23^{\circ}44$ , par pas de X degrés.

2°) quels sont la hauteur et l'azimut d'un point particulier de la déclinaison solaire, pour toutes les valeurs d'angle horaire, prises entre la valeur Y et la valeur Z, par pas de M degrés.

Ces deux questions se répondent: pour chacune on connaît la déclinaison et l'angle horaire et on cherche la hauteur et l'azimut.

Les formules à utiliser sont:

$$\sin(h) = \sin(\phi) * \sin(\delta) + \cos(\phi) * \cos(\delta) * \cos(AH)$$

$$\tan(Az) = \cos(\delta) * \sin(AH) / (\sin(\phi) * \cos(\delta) * \cos(AH) - (\cos(\phi) * \sin(\delta)))$$

avec h = hauteur  
Az = azimut  
AH = angle horaire  
delta = déclinaison  
phi = latitude

L'azimut doit être dans le bon quadrant (+ -  $180^{\circ}$  si nécessaire).

Dans l'Antiquité le scaphé à oeillet zénithal présentait les heures temporaires, les seules en usage. Si l'on veut les tracer il faut se souvenir qu'elles valent, chaque jour, le douzième de l'arc diurne du jour. Alors:

$$SAD = AHCOU - AHLEV$$

$$H \text{ temp} = SAD / 12$$

-----

(1) Le Girasol est une création de:

CERMA: Centre de recherches méthodologiques d'architecture. Nantes

On en trouve une description in:

Raymond D'Hollander « L'Astrolabe », Ed. Institut océanographique.  
Paris 1999 ; pp. 313 / 315.

## REPERTOIRE DES DESSINS

\*\*\*\*\*

Planche 1: Relevé des inscriptions dans la coupe du scaphé de Carthage.

Planches 2: Coupe méridienne d'un scaphé à oeillet à différentes latitudes:

- a) Sur l'équateur
- b) Sur le tropique du Cancer, latitude  $23^{\circ}44'$
- c) A Rome, latitude  $41^{\circ}$
- d) A Paris, latitude  $49^{\circ}$
- e) Sur le cercle polaire arctique, latitude  $66^{\circ}56'$
- f) Au pôle Nord, latitude  $90^{\circ}$

Planches 3: Principe de fonctionnement du scaphé:

- a) Le scaphé sur sa colonne
- b) La Terre et le scaphé en coupe méridienne.
- c) Les cônes diurnes du Soleil.
- d) paramètres et mesures selon Sharon L. Gibbs.

Planche 4: L'arc diurne du Soleil subdivisé en 12 heures temporaires, les jours d'équinoxes.

Planche 5: L'antiboreum de René Rohr (imaginaire en 1965) et son évolution en 1986 : le dessin est devenu exact mais le nom est toujours fautif.

Planche 6: Le scaphé de Pergame, chez Schumacher et chez Trincherro

Planche 7: Quatre scaphés à oeillet reproduits par Sharon Gibbs.

Planche 8: Le scaphé en perspective, selon le logiciel de Pierre Dallet.

Planche 9: Une autre perspective, selon le logiciel de Pierre Dallet

Planche 10 : Notre méthode de tracé par fuseaux sphériques à découper

Planche 11 : Lignes d'heures temporaires sur un cadran plan, horizontal, à différentes latitudes :  $25^{\circ}$  ;  $45^{\circ}$  ;  $66^{\circ}30'$  ;  $66^{\circ}30'$  agrandi

.

\*\*\*\*\*

.

## Planche 1: Relevé des inscriptions

Courbe 1 ΚΥΚΛΟΣ ΘΕΡΙΝΟΣ ΤΡΟΠΙΚΟΣ

ΠΡΟ - ΟΚΤΩΙ .. ΚΑΛΑΝΔΩΝ ΙΟΥΛΙΩΝ

Cercle du tropique du solstice d'été. Huitième jour avant les calendes de Juillet.

Courbe 2 ΡΗΗΚ ΙΟΥΝΙΩΝ

Huitième jour avant les calendes de Juin

ΡΗΗΚ ΑΥΓΥΣΤΩΝ

Huitième jour avant les calendes d'Août

Courbe 3 ΡΗΗΚ ΜΑΙΩΝ

Huitième jour avant les calendes de Mai

ΡΗΗΚ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΩ ...

Huitième jour avant les calendes de Septembre

Courbe 4 ΡΗΗΚ -----

Huitième jour avant les calendes de ... (Avril)

ΡΗΗΚ ΟΚΤΩ...ΩΝ

Huitième jour avant les calendes d'Octobre

Courbe 5 ΡΗΗΚ ΜΑΡ.Ι...

Huitième jour avant les calendes de Mars

ΡΗΗΚ ΝΟΕΜΒΙ...

Huitième jour avant les calendes de Novembre

Courbe 6 -----

Huitième jour avant les calendes de ... (Février)

ΡΗΗΚ ΔΕΚΕΜΒΡΙΩΝ

Huitième jour avant les calendes de Décembre

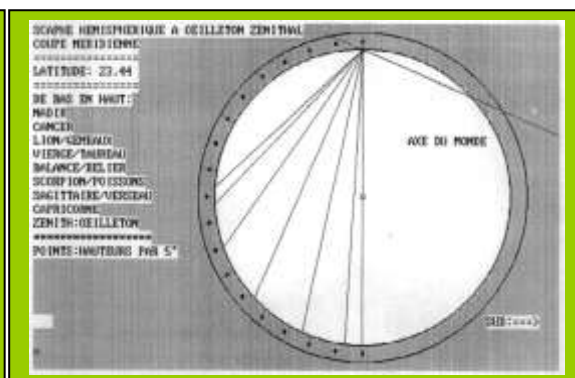
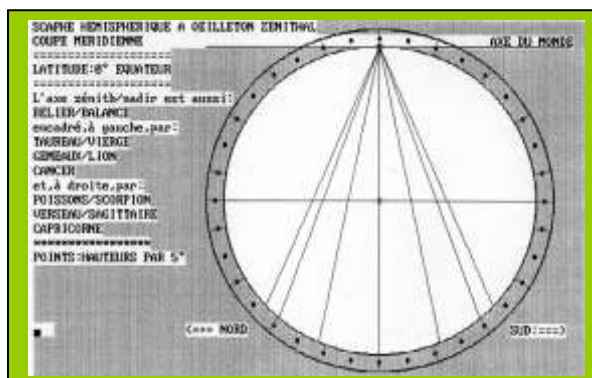
Courbe 7 ---ΚΛΟΣ ---

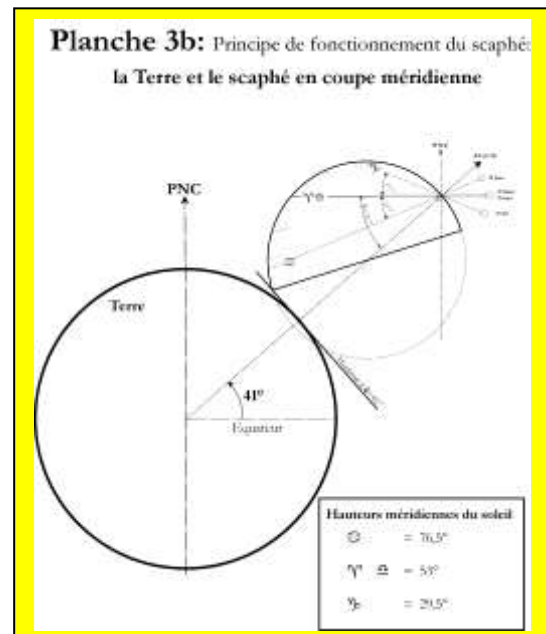
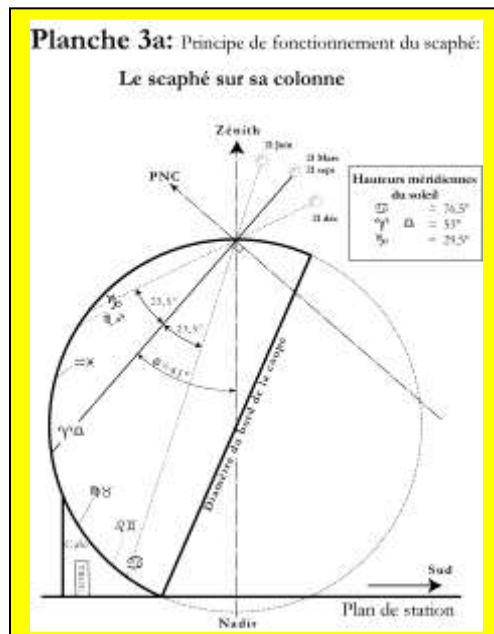
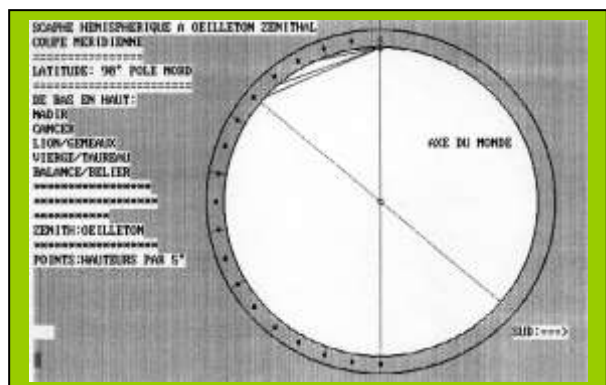
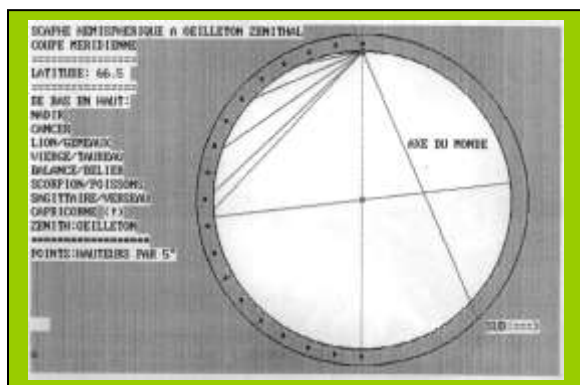
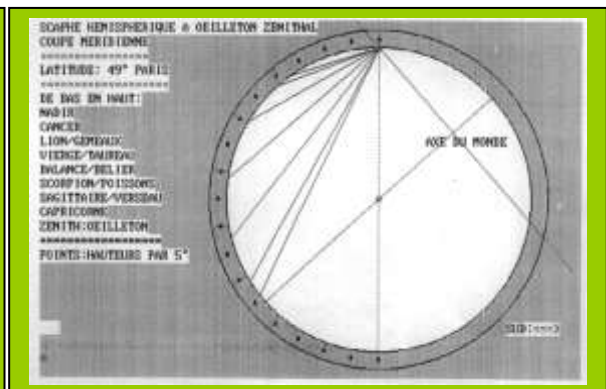
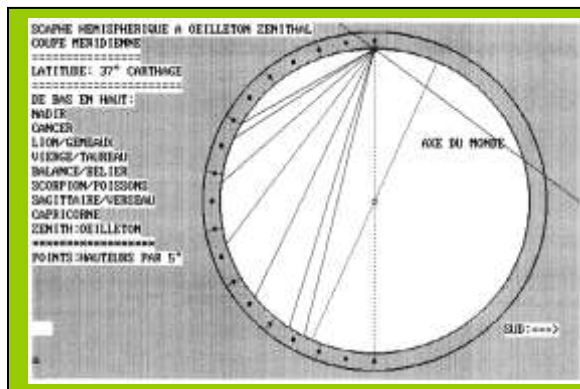
Cercle (du tropique du solstice d'hiver)

---ΡΗΗΚ-ΙΑ.ΝΑΡΙΩΝ

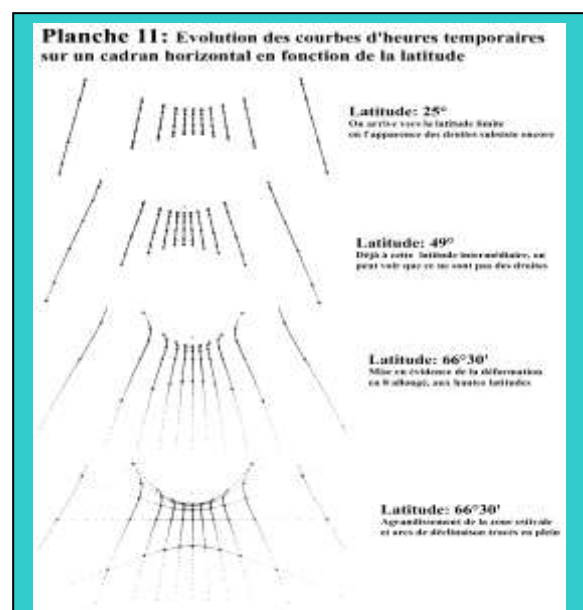
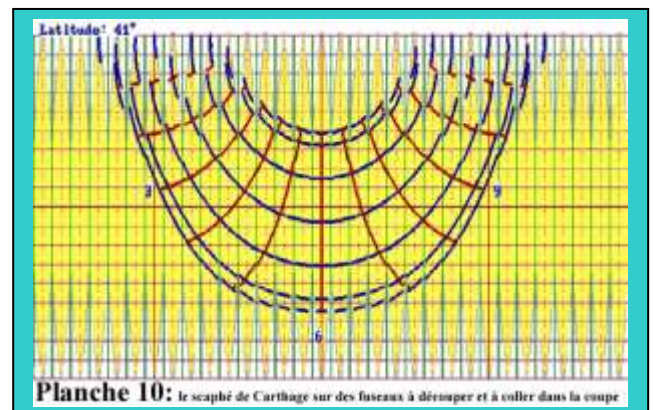
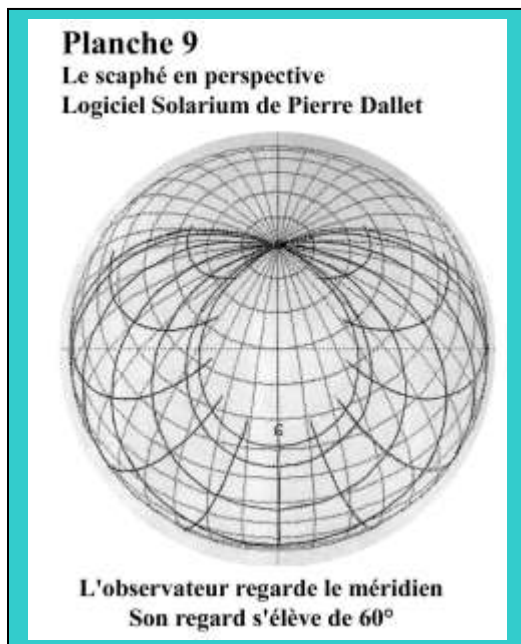
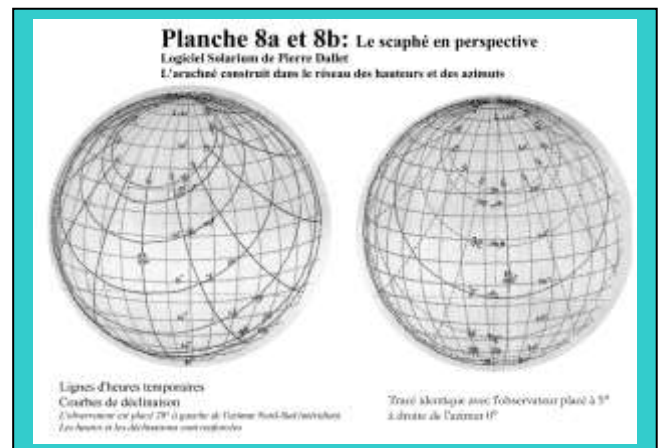
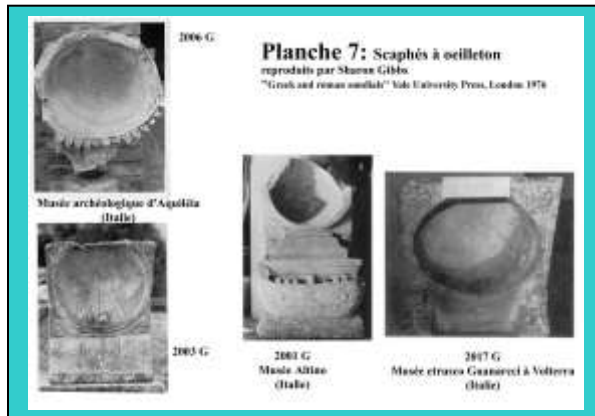
Huitième jour avant les calendes de Janvier

ΡΗΗΚ s'interprète ΠΡΟ ΟΚΤΩΙ ΚΑΛΑΝΔΩΝ









## AVERTISSEMENT

### PHOTOGRAPHIES DU SCAPHE DE CARTHAGE

\*\*\*\*\*

Il existe trois catégories de photographies du scaphé de Carthage :

- 1) Celles qui ont été prises sur l'original avant son acquisition par le Musée du Louvre.
- 2) Celles qui ont été prises au Musée du Louvre par des particuliers.
- 3) Celles qui ont été prises sur l'une ou l'autre des deux copies qui ont été moulées avant l'acquisition du scaphé par le Louvre. Ces copies se trouvent, l'une à la S.A.F. l'autre chez l'auteur de ces lignes.

Il nous a été possible et permis de prendre des photographies du scaphé de Carthage, aussi bien avant son acquisition par le Louvre que depuis qu'il y est installé. Plusieurs de nos collègues ont également pu en faire des clichés, au musée. Il n'est donc pas rare de pouvoir l'admirer ainsi, sur des photographies qui peuvent circuler de main en main.

Quelques unes figurent dans notre Album, avec la mention de leur origine.

En revanche, nous laissons à notre lecteur le soin d'aller sur le site du Louvre pour y lire le descriptif rédigé par le musée, en format PDF.

Nous possédons aussi des photographies de la première catégorie ci-dessus et nous en présentons une seule, sous la référence : ScaOld\_1.

Les photographies de notre propre copie, présentées ici, portent la mention : ScaCop\_1, etc.

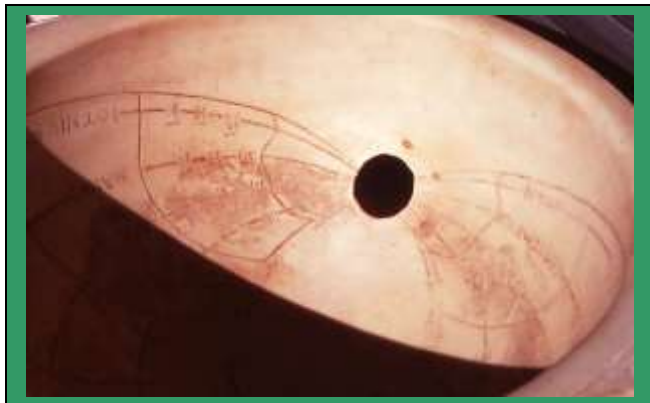
L'excellente qualité des copies fait qu'il n'est pas toujours évident de déterminer si l'on a affaire à une telle copie ou à l'original, à moins de pouvoir considérer simultanément une copie et l'original. Aussi nous avons cru devoir adopter ici une position de totale prudence.

\*\*\*\*\*



Bordées de vert, les huit  
photographies de notre  
copie personnelle du  
Scaphé de Carthage





Bordée de rouge, une photographie du véritable scaphé, avant son acquisition par le Musée du Louvre.

