

Au Sommaire :

- Archéologie, gnomonique et imposture, deux vrais faux cadrans antiques
- Etude de bas-reliefs à l'Observatoire de Paris

- Histoire

Cadran de la mosquée Al-Zaytûna (XVIIe).
Canonical ou pierre de dédicace.

- Réalisations

Cadrans "Gahon".
Cadran vertical.
Appareil de mesure de la déclinaison.
Maquette solaire.
L'horloge de la nature.

- Restaurations

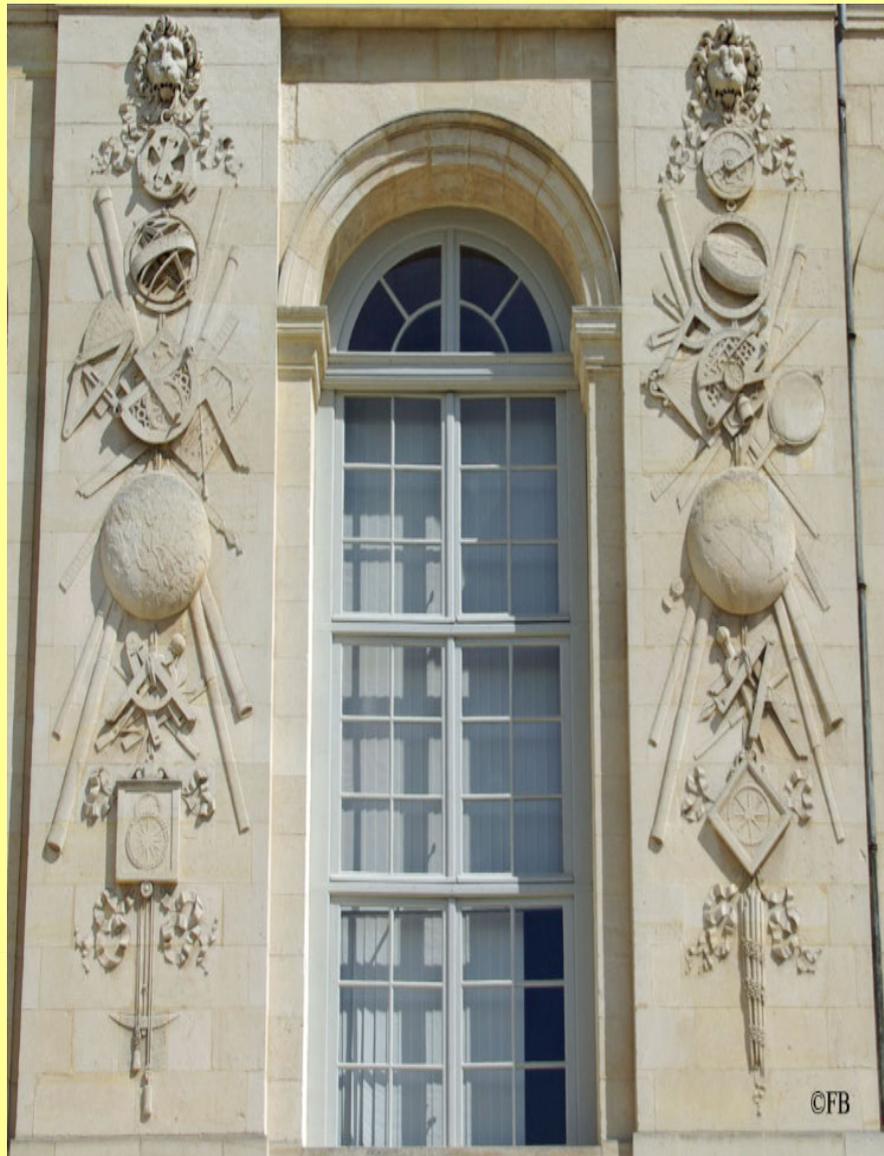
Etude et restauration du cadran de la cathédrale de Saint-Omer.

- Etudes

Cadran en forme de calice.
Lignes babyloniennes et italiennes.
Calcul de la position du Soleil.

- Informations

Nouveaux Cadrans. Astrolabe plan.
Directions astronomiques à la préhistoire. Questions/réponses.
Sociétés étrangères..



©FB





Sommaire du N° 31

Summary in French, English, German, Spanish, Italian

Sommaire en allemand, anglais, espagnol, italien : Traduction de Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi		
Etude et restauration à Saint-Omer : Remise en valeur du cadran du transept sud de la cathédrale de Saint-Omer	Bonnin Jérôme	9
Cadrans solaire en forme de calice : Principe général du tracé des lignes horaires sur toute surface de révolution.	Collin Dominique	21
Lignes horaires babyloniennes et italiennes : Explication du principe de Drecker et détermination de l'équation générale.	Collin Dominique	33
Cadran de la Grande Mosquée Al-Zaytûna : Description de l'ensemble gnomonique de la Mosquée de Tunis, très novateur dans le monde arabe à sa création, au début du XVII ^e .	Jarray Fathi & Mercier Eric	53
Appareil de mesure de la déclinaison : description et méthode de calcul de la déclinaison d'un mur vertical par différence d'azimuts.	Labrosse Gérard	69
Maquette : maquette pédagogique montrant la précession des équinoxes et le passage du Soleil dans les signes du zodiaque.	Labrosse Gérard	77
Construction d'un cadran horizontal : Construction à partir des cercles horaires : tracé des angles tabulaires et des arcs diurnes sans recourir à la hauteur et azimut.	Pakhomoff Jean	81
Les bas-reliefs de Temporiti à l'Observatoire de Paris : Des cadrans solaires étaient-ils prévus dans les bas-reliefs de Temporiti sur la façade Sud de l'observatoire de Paris ?	Savoie Denis	85
Archéologie, gnomonique et imposture : Mise en garde sur l'interprétation gnomonique de deux soi-disant cadrans solaires antiques	Savoie Denis & Jérôme Bonnin	97
Eclairage d'un tunnel ou d'un mausolée : Comment calculer rapidement la position du soleil pour l'éclairage d'un lieu précis ou définir sa position à un moment donné.	Savoie Denis	104
Cadran canonial ou pierre de dédicace : Analyse des tracés sur l'église Saint-Martin à Brux (Vienne)	Schneider Denis	110
Construction d'un cadran solaire mural : Retour d'expérience sur l'étude et la réalisation d'un cadran solaire.	Souchu Laurent	114
L'horloge de la nature : Description de "l'Horloge de Flore" à	Ennia Visentin	128

Bacoli		<i>traduction R. Anselmi</i>	
<u>Informations diverses :</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Dernières réalisations ou découvertes de cadrans. ◦ Directions astronomiques de la préhistoire. ◦ La clepsydre de Karnak. ◦ Astrolabe plan, double cadran d'Oughtred. ◦ Vidéo 3D sur un cadran numérique. ◦ Corrections sur un nocturlabe. ◦ Le Nord magnétique sur Google earth. ◦ Questions relatives à l'équinoxe, l'ombre d'un bâton, un cadran à l'équateur, l'heure antique... ◦ Gnomonique du monde. 	☞	Contributeurs : G.Baillet, D.Collin, Cl.Gahon, P. Labat, G.Labrosse, J. Marin- Pardo, E.Mercier, Pierres de Rosette, J. Rieu, Ph.Sauvageot, D.Savoie, J.Scordia, JP.Vergene, R.J.Vinck, Sociétés étrangères.	133

En version numérique :

- Dans le « sommaire .doc », hyperliens à partir des titres soulignés vers les fichiers en .pdf
- ☞ Indique que l'étude détaillée ou le logiciel est inclus dans le dossier "annexe"

Couverture : bas-reliefs de Temporiti de l'Observatoire de Paris,
photo de François BOCQUERAZ

CADRAN-INFO

est un moyen de diffusion d'articles gnomoniques rédigés principalement par les membres de la commission des cadrans solaires de la SAF.

Il vient en complément des publications de la **Société Astronomique de France**: *L'Astronomie* avec son article mensuel concernant les cadrans solaires et *Observations & travaux* qui présentent épisodiquement des sujets concernant la gnomonique.

CADRAN-INFO regroupe la majorité des présentations faites lors de nos deux réunions annuelles ainsi que des articles reçus en cours d'année.

CADRAN-INFO est devenu au cours des années UNE référence en matière d'études, de techniques, de méthodes, pour certaines totalement inédites.

CADRAN-INFO paraît en mai et en octobre sous forme: papier (N&B ou en couleurs) et CD (les N°s 1 à 5 sont des numérisations des tirages papier).

La liste des articles parus depuis le premier numéro est disponible sur demande.

Dans un souci d'échanges de connaissances et d'informations, **CADRAN-INFO** est offert aux autres associations gnomoniques (Allemagne, Angleterre, Autriche, Belgique, Canada, Espagne, Hollande, Italie, Japon, USA, Suisse).

Ph. Sauvageot

Président de la commission des cadrans solaires

◆ Les articles sont présentés par ordre alphabétique des auteurs (ou en fonction de la composition du bulletin). Le contenu est sous la responsabilité de l'auteur.

◆ Les auteurs qui souhaiteraient que leurs articles soient réservés exclusivement aux revues

L'Astronomie ou *Observations Travaux* devront le préciser dans leur envoi.

- ◆ Les auteurs doivent obligatoirement indiquer leurs sources ou références si le sujet a déjà fait l'objet d'articles ou de communications récents.
- ◆ Toute reproduction totale ou partielle des présents articles ne peut se faire qu'avec l'accord des auteurs.
- ◆ Les articles, documents, photos... ne sont pas retournés après publication.
- ◆ Les articles* sont à envoyer à Ph. Sauvageot par mail ou sur CDrom/DVD PC (**sous .doc, .docx, Excel, ET sous PDF**) éventuellement sur papier

* Police : "Times New Roman", taille: 12, interligne : simple, marges : 2,5 avec en-tête et pied de page.

Pour les formules ne pas utiliser "symbole" mais insertion "caractères spéciaux" sous Times New Roman.

Dans la version Cadran Info numérique, une [trame](#) est à disposition.

- Pour tout renseignement :

Ph. SAUVAGEOT, 7, rue de Gloriette, 91640 Vaugrigneuse :

sauvageotph@wanadoo.fr ou à la SAF, 3, rue Beethoven, 75016 PARIS.

- Site de la Commission : <http://www.commission-cadrans-solaires.fr/>



D : Inhaltsverzeichnis Cadran-Info n° 31

Inhaltsverzeichnis auf Deutsch, Englisch, Spanisch, Italienisch : Übersetzungen von Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi		
Studie und Renovierung in Saint-Omer: Erneuerung der Sonnenuhr des Transept in der Kathedrale von Saint-Omer	Bonnin Jérôme	12
Sonnenuhr in Form eines Kelchen: Generales Prinzip der Zeichnung von Stundenlinien auf alle Revolutionsflächen.	Collin Dominique	10
Babylonische und italische Stundenlinien: Erklärung des Drecker Prinzips und Bestimmung der allgemeinen Gleichung.	Collin Dominique	20
Sonnenuhr der großen Moschee Al-Zaytûna: Beschreibung des gnomonischen Komplexen der Moschee in Tunis, sehr neu in der arabischen Welt während seiner Gründung, Anfang des 17. Jh.	Jarray Fathi & Mercier Eric	16
Apparat, um die Deklination zu messen: Beschreibung und Methode des Messen der Deklination einer senkrechten Wand, durch Azimut Unterschiede.	Labrosse Gérard	8
Maquette: Pädagogische Maquette, Äquinoktien Präzession und Durchgang der Sonne in den Tierkreiszeichen.	Labrosse Gérard	4

Konstruktion einer waagerechten Sonnenuhr: Konstruktion ab den Stundenkreisen: Zeichnung der Winkeln und Tagesbogen ohne die Höhe und das Azimut zu benutzen.		Pakhomoff Jean	4
Temporiti Basreliefs an der Observatoire de Paris: Waren Sonnenuhren auf die Basreliefs von Temporiti auf der Südseite des Observatoire de Paris geplant?		Savoie Denis	13
Archeologie, Gnomonik und Betrug: Warnung von der Interpretation von zwei so genannten antiken Sonnenuhren.		Savoie Denis & Jérôme Bonnin	7
Beleuchtung eines Tunnels oder eines Mausoleum: Wie für einen bestimmten Standort schnell die Position der Sonne für die Beleuchtung berechnen oder ihre Position zu einem bestimmten Zeitpunkt definieren.		Savoie Denis	6
Kanonische Sonnenuhr oder Widmung Stein: Analyse der Spuren auf der Sankt-Martins-Kirche in Brux (Vienne).		Schneider Denis	4
Bau einer Mauer Sonnenuhr: Feedback über die Studie und die Realisierung von einer Sonnenuhr.		Souchu Laurent	14
Die Naturuhr : Beschreibung der "Uhr von Flore" in Bacoli		Ennia Visentin Übersetzung R. Anselmi	5
Verschiedenes: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Letzte Realisierungen oder Entdeckungen von Sonnenuhren. ◦ Astronomische Richtungen der Vorgeschichte. ◦ Die Klepsydra von Karnak. ◦ Flaches Astrolabium, doppelte Sonnenuhr Oughtred. ◦ Video 3D über einer numerischen Sonnenuhr. ◦ Korrekturen für ein Nocturlabium. ◦ Die magnetische Nordrichtung mit Google Earth. ◦ Fragen über dem Äquinoktium, dem Schatten eines Stabes, einer Sonnenuhr am Äquator, der antiken Stunde... ◦ Gnomonik der Welt. 		Mitwirkende: G.Baillet, D.Collin, Cl.Gahon, P. Labat, G.Labrosse, J. Marin- Pardo, E.Mercier, Pierres de Rosette, J. Rieu, Ph.Sauvageot, D.Savoie, J.Scordia, JP.Vergene, R.J.Vinck, Ausländische Gesellschafften.	

Digitale version:

- In « *sommaire .doc* », *Hyperlinks ab den unterzeichnete Titeln zu .pdf Dateien.*
-  *Gibt an, dass das detaillierte Studium oder die Software im Ordner "annexe" enthalten ist*



E : Sumari Cadran-Info n° 31

Sumari en Inglés, alemán, español, italiano, Traducción : Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi			
Estudio y restauración en Saint-Omer: restaurar el reloj de sol del transepto sur de la catedral de Saint-Omer.		Bonnin Jérôme	12
Los relojes de sol en forma de cáliz: Principio general de las		Collin Dominique	10

líneas dibujadas hora sobre cualquier superficie de revolución.		
Las líneas de los tiempos babilónicos y itálicas: Explicación del principio de J. Drecker y la determinación de la ecuación general.		Collin Dominique 20
Reloj de sol de la Gran Mezquita de Al-Zaytuna: Descripción de todos gnomónica de la Mezquita de Túnez, muy innovador en el mundo árabe para su creación a principios del XVII.		Jarray Fathi & Mercier Eric 16
Instrumento para medir la declinación: descripción y método de cálculo de la declinación de una pared vertical con diferentes acimutes.	☞	Labrosse Gérard 8
diseño: modelo educativo que muestra la precesión de los equinoccios y el paso del sol en los signos del zodiaco.		Labrosse Gérard 4
Construcción de un reloj de sol horizontal: Construcción de los horarios círculos: ángulos dibujados y arcos diurnos sin recurrir a la altura y acimut.		Pakhomoff Jean 4
Los relieves de Temporiti en el Observatorio de París: Los relojes de sol fueron ellos incluidos en los relieves de Temporiti en la fachada sur del Observatorio de París?		Savoie Denis 13
Arqueología, gnomónica y la impostura: advirtiendo sobre reloj de sol en la interpretación de los dos relojes de sol supuestamente antiguas.	☞	Savoie Denis & Jérôme Bonnin 7
La iluminación de un túnel o mausoleo: Cómo calcular rápidamente la posición del sol para la iluminación de un lugar determinado o definir su posición en algún momento.		Savoie Denis 6
Dial de la Misa o piedra dedicación: análisis de los patrones de la iglesia de San Martín en Brux (Vienne)		Schneider Denis 4
Construcción de un reloj de sol de la pared: Comentarios sobre el estudio y la aplicación de un reloj de sol.		Souchu Laurent 14
El reloj de la naturaleza: descripción de "Reloj Flore" en Bacoli.		Ennia Visentin traduction R. Anselmi 5
Información Adicional: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Últimos descubrimientos o diales. ◦ dirección astronómico prehistoria. ◦ El reloj de agua de Karnak. ◦ Plano Astrolabe, doble reloj de sol de Oughtred. ◦ de vídeo 3D en un dial digital. ◦ Correcciones en una nocturna. ◦ El norte magnético en Google Earth. ◦ Cuestiones: equinoccio, la sombra de un palo, un dial en el ecuador, la antigüedad ... ◦ gnomónica el mundo. 	☞	Contributeurs : G.Baillet, D.Collin, Cl.Gahon, P. Labat, G.Labrosse, J. Marin- Pardo, E.Mercier, Pierres de Rosette, J. Rieu, Ph.Sauvageot, D.Savoie, J.Scordia, JP.Vergene, R.J.Vinck, Sociedades. extranjeras.

 Indicado que el estudio detallado o el programa informático se incluyen en el archivo "Anexo" de la versión numérica.



GB : Contents Cadran-Info n° 31

Summary in French, English, German, Spanish, Italian : Translation Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi.		
Study and restoration of a sundial at St Omer : the restored sundial engraved on the south transept of St Omer cathedral.	Bonnin Jérôme	12
Sundials drawn on a chalice : General principle to draw hour lines on any surface of revolution.	Collin Dominique	10
Babylonian and Italic hour lines : Explanation of Drecker's principle and establishing the general equation.	Collin Dominique	20
Great Mosque Al-Zaytûna sundial : Description of the gnomonic set of Tunis Mosque, very innovative in the XVII th century Arabic world.	Jarray Fathi & Mercier Eric	16
Device for measuring declination : description and method to determine a vertical wall declination by difference between several azimuths	 Labrosse Gérard	8
Mockup : pedagogic mockup showing equinoctial precessions and the sun positions in the zodiacal figures.	Labrosse Gérard	4
Construction of an horizontal sundial : Construction using hours circles : drawing of tabular angles and day curves without help of height and azimuth angles.	Pakhomoff Jean	4
Temporiti bas-relief sat Paris observatory : did sundials were forecasted in the Temporiti bas-reliefs on the south face of Paris observatory ?	Savoie Denis	13
Archeology, gnomonic and fakes : caution on gnomonic interpretation of two so-called antic sundials.	 Savoie Denis & Jérôme Bonnin	7
Lightning of a tunnel or a mausoleum : How to quickly calculate sun position to enlighten a precise place or to define its position at a given time.	Savoie Denis	6
A canonical sundial or a dedication stone: Analysis of drawings on Brux Saint-Martin Church (Vienne).	Schneider Denis	4
Construction of a sundial on a wall : study and making feedback.	Souchu Laurent	14
Nature Clock : Bacoli "Floral Clock" description.	Ennia Visentin traduction R. Anselmi	5
Miscellaneous information : ° Recent sundials and miscellaneous discoveries	 Contributeurs : G.Baillet, D.Collin,	

<ul style="list-style-type: none"> ° Prehistorical astronomical directions ° Karnak clepsydra ° Flat astrolabe, Oughtred double sundial ° 3D video on numerical sundial ° Corrections on a nocturlabe ° Magnetic north on Google earth ° Equinox related questions, pole shadow, sundial at equator, antic hour... ° Gnomonic in the World 		<p>Cl.Gahon, P. Labat, G.Labrosse, J. Marin-Pardo, E.Mercier, Pierres de Rosette, J. Rieu, Ph.Sauvageot, D.Savoie, J.Scordia, JP.Vergene, R.J.Vinck, Sociétés étrangères.</p>	
--	--	---	--

 indicates that the detailed study or software is included in the digital version.



I: Indice Cadran-Info n° 31

Sommario in Tedesco, Inglese, Spagnolo e Italiano : Traduzione di Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi		
Studio e restauro a Saint-Omer : Valorizzazione del quadrante del transetto sud della cattedrale di Saint-Omer	Bonnin Jérôme	12
Quadranti solari a forma di calice: Principio generale del tracciato delle linee orarie su tutte le superficie di rivoluzione.	Collin Dominique	10
Linee orarie babiloniche e italiche: Spiegazione del principio di Drecker e determinazione dell'equazione generale.	Collin Dominique	20
Quadrante della Grande Moschea Al-Zaytûna : Descrizione dell'insieme gnomonico della Moschea di Tunisi, molto innovativo nel mondo arabo alla sua creazione, all'inizio del XVII secolo.	Jarray Fathi & Mercier Eric	16
Apparecchio di misura della declinazione: descrizione e metodo di calcolo della declinazione di un muro verticale per differenza di azimut.	 Labrosse Gérard	8
Piano: modello educativo che mostra la precessione degli equinozi e il passaggio del sole nei segni zodiacali.	Labrosse Gérard	4
Costruzione di un quadrante orizzontale: Costruzione a partire dai cerchi orari: tracciamento degli angoli tabulari e degli archi diurni senza ricorrere all'altezza e azimut.	Pakhomoff Jean	4
I basso rilievi di Temporiti dell'Osservatorio di Parigi: alcuni quadranti solari erano previsti nei rilievi di Temporiti sulla facciata sud dell'Osservatorio di Parigi?	Savoie Denis	13
Archeologia, gnomonica e imposture: Allerta sull'interpretazione di due così dette meridiane apparentemente antiche.	 Savoie Denis & Jérôme Bonnin	7
L'illuminazione di una galleria o mausoleo: Come calcolare rapidamente la posizione del sole per l'illuminazione di un luogo specifico o definire la sua posizione in un certo punto.	Savoie Denis	6

<p>Quadrante ad ore canoniche o pietra di dedizione: Analisi di tracciati sulla Chiesa di San Martino a Brux (Vienna)</p>	<p>Schneider Denis</p>	<p>4</p>
<p>Costruzione di una meridiana murale: Informativa sullo studio e la realizzazione di una meridiana.</p>	<p>Souchu Laurent</p>	<p>14</p>
<p>L'orologio della natura: Descrizione del "' Orologio floreale" di Bacoli</p>	<p>Ennia Visentin traduzionedì R. Anselmi</p>	<p>5</p>
<p>Altre informazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ° Ultimi trofei o scoperte di quadranti. ° Indicazioni astronomiche della preistoria. ° La clessidra di Karnak. ° Astrolabio piano, doppio quadrante di Oughtred. ° Video 3D su un quadrante digitale. ° Le correzioni su un notturlabio. ° Il nord magnetico su Google Earth. ° Problemi relativi all'equinozio, l'ombra di un bastone, un quadrante all'equatore, l'ora antica ... ° Gnomonica del mondo. 	<p> Hanno contribuito :</p> <p>G.Baillet, D.Collin, Cl.Gahon, P. Labat, G.Labrosse, J. Marin- Pardo, E.Mercier, Pierres de Rosette, J. Rieu, Ph.Sauvageot, D.Savoie, J.Scordia, JP.Vergene, R.J.Vinck, Sociétés étrangères.</p>	

 Indica che lo studio dettagliato o il logiciel è incluso nel dossier "annesso" del la versione numerica.

La Commission des Cadrans solaires ce sont :

- ° 2 réunions annuelles : en province au mois de mai et à Paris ou banlieue en octobre.
- ° la publication de la revue Cadran Info en mai et en octobre de Cadran Info + inventaires des cadrans, astrolabes, nocturlabes du monde.
- ° l'accès à de très nombreux documents, études, livres numérisés, logiciels...
- ° des informations et envois de documents tout au long de l'année.

Demandez à Ph. Sauvageot sauvageoth@wanadoo.fr :

- ° La liste des 540 articles déjà parus dans Cadran Info
- ° La liste des offres de la CCS

Informations arrêtées le 31 mars 2015

Merci à Dominique Collin pour sa relecture attentive.



Etude et restauration à Saint-Omer

Jérôme Bonnin

Depuis 2012, la DRAC Nord-Pas-de-Calais souhaitait remettre en valeur le cadran solaire monumental de 1610, présent sur le transept sud de la cathédrale de Saint-Omer. Après plusieurs études historiques et archéologiques, la municipalité a décidé en avril 2014 de lancer la campagne de sauvegarde avant que l'ensemble ne disparaissent ou que trop d'éléments d'origine ne soient perdus. Dans cet article, l'auteur présente l'ensemble du processus de remise en valeur de ce cadran solaire, exceptionnel par son ampleur et les informations qu'il donne.

Introduction

Cet article présente de manière exhaustive l'opération de sauvegarde et de remise en valeur du cadran solaire monumental présent au-dessus de la rosace du transept Sud de la cathédrale de Saint-Omer (Lat. 50° 44' 49.81'' N ; Long. 02° 15' 11.39'' E). Ce cadran, cité dans de nombreux ouvrages, tant du XIXe que du XXe siècle, est par ailleurs recensé dans la base de données (Inv. 6276501-1) de la Commission des Cadres Solaires. Cependant, l'instrument n'était connu que d'initiés, de personnes déjà sensibilisées à la gnomonique. Une rapide enquête réalisée auprès de personnes natives de Saint-Omer, et pour certaines habitant encore sur place, non loin de la cathédrale, a montré que cette œuvre monumentale n'était absolument pas connue car invisible. Il était donc nécessaire de redonner à ce patrimoine toute sa place et de faire en sorte qu'il ne disparaisse pas. En effet, le processus de dégradation des pierres sur lesquelles il est gravé était déjà bien avancé lorsque j'ai commencé l'opération.

Cette dernière a été réalisée entre juin et juillet 2014 en partenariat avec la municipalité de Saint-Omer, l'Entreprise Chevalier Nord pour le remplacement des pierres et le rejointoiement et la DRAC Nord-Pas-de-Calais pour le suivi et les prescriptions architecturales.

I. HISTORIQUE

Notre Dame de Saint-Omer, dont la construction s'est étalée sur plusieurs siècles, possède de nombreux atouts, tant dans son architecture que dans le mobilier qu'elle conserve encore. Le transept Sud, avec le « portail Royal », est la partie qui retiendra notre attention (fig.1). La première tranche de construction du transept, et de son portail, date de 1190-1260. L'ensemble est érigé en même temps que le chœur et son déambulatoire. En 1375-1395, le transept sud est allongé, sa première façade démontée. C'est sur cette partie du XIVe siècle que le cadran sera installé en 1610, sur une église devenue cathédrale entre-temps (1561). La date de création du cadran est assurée,



Fig. 1. Portail méridional ou « portail royal » avant la remise en valeur du cadran

élément rare, par une inscription peinte en noir sur la partie inférieure gauche de la façade tandis que les dates de restaurations sont placées sur la partie inférieure droite de la façade. Ces inscriptions sont rapportées dans l'*Épigraphie du département du Pas-de-Calais*¹.

Une inscription (*sic*), non gravée, peinte en noir sur le mur, en grande capitale, peu lisible aujourd'hui, soulignait jadis ce cadran solaire :

INCEPT : ANNO 1610	RESTORAT	1° ANNO 1665
		2° ANNO 1700
		3° ANNO 1775

Cette lecture est confirmée dans un extrait des *Mémoires de la société des Antiquaires de la Morinie*² de 1835 ainsi que dans la *Description de l'ancienne cathédrale de Saint-Omer* publié en 1839³. Ces éléments sont aujourd'hui presque intégralement effacée ou illisible (fig. 2a et 2b). De l'inscription de droite, il ne reste plus que le ..]TORAT ANNO 16[.. de lisible. De l'inscription de gauche, on trouve encore le .]NNO 1610 mais le INCEPT a disparu il y a déjà longtemps, suite à la mise en place d'un bouchon de pierre à l'endroit où il devait se trouver. Il est possible qu'une troisième inscription, peinte en rouge dans l'embrasure de la porte menant à la terrasse du transept, rappelle la date de création (il est en effet peint « 1610 » dans une graphie similaire aux autres chiffres arabes du cadran).



Fig. 2a. Détail des vestiges de l'inscription de gauche.



Fig. 2b. Détail souligné des vestiges de l'inscription de droite.

Les deux volutes placées de chaque côté du cadran ont probablement été ajoutées au XVIIe siècle (fig. 3). Sur les piles carrées placées devant, érigées en 1739, des pots-à-feu étaient présents. Ils ont disparu après 1838-1840 car une maquette de la cathédrale, datée de ces années, les montre encore en place. Ces éléments ajoutés bien après la création du cadran solaire sont importants, car ils gênent le fonctionnement de ce dernier aux heures extrêmes (notamment à partir de 15h00 solaire en été, 17h00 heure légale).

Par la suite, le portail Sud a été restauré en 1860. Il est possible que le cadran ait été touché par cette restauration car les chiffres romains sont apparus particulièrement nets et préservés, comparé au reste des



Fig. 3. Volute et pile de gauche

¹ *Épigraphie du département du Pas-de-Calais* V, 1892, p. 122.

² *Mémoires de la société des Antiquaires de la Morinie* II, 1835.

³ E. Herman, J. Wallet, *Description de l'ancienne cathédrale de Saint-Omer*, 1839, p. 52.

tracés. Une étude en archives donnerait peut-être des relevés et dessins de son état au milieu du XIXe siècle ainsi que des informations sur cette possible restauration. Si elle a bien eu lieu, seuls les chiffres romains classiques ont été rehaussés. Enfin, en 1999, une partie du portail sud est de nouveau restaurée, mais sans que le cadran ne soit concerné.

II. DESCRIPTION DU CADRAN SOLAIRE - ÉTAT AVANT TRAVAUX

L'instrument se trouve sur la façade du transept Sud, au-dessus de la grande rosace du XVe siècle, à plus de 18 m de hauteur. Il surplombe largement la terrasse située au-dessus du porche d'entrée. Avant intervention, il n'en restait plus que le tracé, le style ayant disparu. Il se développe sur plus de 15 m de largeur (fig. 4). Il s'agit là d'un cadran solaire exceptionnel, de par sa taille, sa situation et sa datation.



Fig. 4. État du cadran avant intervention

Le mur sur lequel il est placé présente une déclinaison d'à-peu-près 24,5° Est. Il est donc déclinant du matin (déclinant sud-est). La table du cadran comprend de nombreuses informations horaires et calendaires, ce qui en fait un instrument assez difficile à lire pour un néophyte (fig.5).

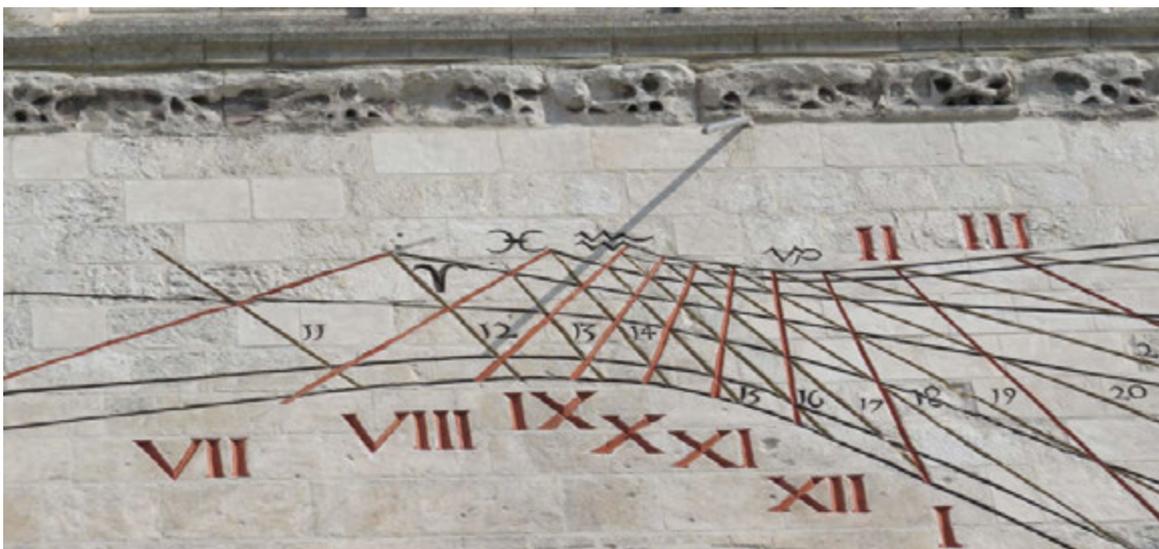


Fig. 5. Tracé restauré du cadran solaire au 25 juillet 2014.

- On distingue en premier lieu (fig. 5, en rouge) les lignes horaires proprement dites. Elles sont au nombre de 12, de 5 heures à 16 heures, chiffrées en bout ou en début (II, III et IIII) avec des chiffres romains.
- Ensuite viennent les heures italiques (fig. 5, en jaune), chiffrées au centre du cadran en chiffres arabes. Les heures italiques indiquent les heures depuis le coucher du Soleil, depuis combien de temps le Soleil s'est couché ; en effectuant la différence avec 24 heures, on obtient le temps qu'il reste avant son prochain coucher.
- Enfin, on trouve les courbes de déclinaison, avec indications des signes du zodiaque en bout (fig. 5, en noir).

Le style polaire avait disparu avant l'intervention et l'ensemble de la table horaire était particulièrement dégradé. De nombreuses pierres étaient rongées par les agressions extérieures (fig. 6). L'érosion éolienne semble être la cause principale de ces dégradations, plus que la nature même des pierres attaquées. En effet, seules certaines zones étaient rongées, là où les vents tourbillonnants agissent le plus du fait de la présence des deux pilastres sur les côtés. Il s'agissait d'endroits situés au cœur du cadran solaire.



Fig. 6. État de dégradation avancé du centre.



Fig. 7. Lichens et vestiges de colorations des gravures.

- Avant intervention, des traces de pigments, dans le creux de certaines lignes horaires ou calendaires, étaient encore visibles (fig. 7).

- L'hypothèse première d'un fond bleu appliqué au cadran n'a pas été retenue. Il s'agissait en réalité de lichens ayant colonisé certaines pierres du cadran (fig. 7). Le cadran ressortait donc sur une façade unie claire.

- Aucune trace de maxime n'a été retrouvée. Il est probable qu'il n'en ait pas comporté car sa position haute en aurait rendu la lecture malaisée.

- Enfin, le sommet de l'intrados de l'oculus portant la rosace comprend, peint sur la pierre, le blason du chapitre de Saint-Omer : un écu d'azur aux trois pommes de pin d'or (fig. 8). Il est fort probable que le cadran ait été commandé par le chapitre des chanoines, tout comme l'horloge astrolabe commandée en 1555. Face à l'abbaye de Saint-Bertin, ces réalisations montraient l'importance du chapitre et leurs grandes connaissances techniques et astronomiques.



Fig. 8. Détail du blason présent sous le cadran solaire.

Ce cadran, assez typique du XVII^e siècle, est donc riche, et la date de 1610 est particulièrement intéressante car précoce pour ce type de réalisation monumentale complexe. Il faut aussi ajouter qu'il s'agit, à la connaissance de la Commission des Cadrans Solaires, du seul cadran présentant des heures italiques dans la région Nord-Pas-de-Calais, ce qui est tout à fait exceptionnel.

III. DIAGNOSTIC ARCHÉOLOGIQUE ET GNOMONIQUE AVANT INTERVENTION

IV. 1. État général du cadran



Fig. 9. État général du cadran en juin 2014.



Fig. 10. Exemple de zone rongée par les intempéries.



Fig. 11. Partie supérieure chiffrée érodée.



Fig. 12. Exemple de ligne « fantôme ».

Vu de près, l'état général du cadran était conforme à ce qui avait été observé du parvis et de la plate forme du transept. Une large zone du cadran, malheureusement centrale, était rongée par les vents et les poussières (fig. 9, 10, 11 et 12). Cette dégradation justifiait pleinement l'intervention car les désordres étaient nombreux et certaines parties auraient fini par disparaître dans un futur très proche. De même, dans les parties périphériques englobant certaines lignes horaires ou calendaires, la pierre s'effritait et perdait de sa solidité.

L'intervention de l'entreprise Chevalier Nord est venue conforter les parties malades avec des changements de pierre ciblés. Dans la mesure du possible, toute pierre comportant un chiffre ou un signe du zodiaque a été conservée, même si la surface en était endommagée. Le but de l'opération n'était pas de reprendre l'ensemble du cadran pour le

remettre en un état proche de ce qu'il était au XVII^e siècle mais de sauvegarder ce qui pouvait l'être tout en assurant une lisibilité optimale de l'instrument pour les générations futures.

IV. 2. Tracés et gravures

La gravure de l'ensemble est encore très nette dans les parties non rongées. Les chiffres romains notamment, sont extrêmement bien ciselés (fig. 13), avec une gravure profonde. Les chiffres arabes, plus arrondis, sont moins profondément gravés mais présentent tout de même une très bonne lisibilité (fig. 14).



Fig. 13. Chiffre XII.



Fig. 14. Chiffre 16 italique.

Les lignes horaires sont droites et profondément incisées également, tout comme les lignes italiques. Les courbes de déclinaison par contre sont bien moins soignées, notamment les courbes extrêmes (solstices d'été et d'hiver). Le tracé est maladroit, avec des hyperboles plus qu'approximatives (fig. 15). Notons que du parvis du cadran, cette approximation devient facteur négligeable.



Fig. 15. Détail des courbes de déclinaison.

Dans l'ensemble, le tracé ne semble pas avoir été changé depuis sa réalisation en 1610. Aucun repentir n'est apparu et si des pierres ont été changées depuis, cela n'était plus visible en 2014. Les bouchons présents résultent, dans leur majorité, du comblement des trous de boulins d'origine. La reprise des fissures présentes sur l'ensemble du transept est antérieure à la mise en place de l'instrument : les lignes horaires tiennent compte de ces reprises (avec de nombreux comblement en tuiles) et sont parfois gravées dans les joints épais. L'extrémité droite du mur a par contre été entièrement bouleversée lors de la mise en place des contreforts portant volutes au XVII^e siècle. Les pierres ne sont pas les mêmes et ne respectent pas les assises d'origine. Elles sont par ailleurs en surplomb par rapport au mur d'origine. Cette opération n'est peut-être pas postérieure à la mise en place du cadran : la pile de gauche, réalisée à la même période, ne présente pas ce type de reprise et présente donc les pierres originelles. Il est possible que l'ensemble du transept ait été repris avant 1610, avec le comblement des fissures et la mise en place des piles. Le cadran est gravé une fois ces travaux de stabilisation importants réalisés. Par contre, et même si aucune preuve ne peut être avancée, il est possible que la partie strictement horaire du cadran ait été restaurée au XIX^e siècle : les lignes horaires et les chiffres romains présentaient en effet un état de conservation

largement supérieur au reste du cadran. La gravure était nette (et elle n'a donc pas été reprise lors de la remise en valeur du cadran). Par ailleurs, le rouge des lignes horaires était encore très présent, alors même que les lignes italiques ne possédaient plus aucunes traces de pigment dans la partie supérieure du cadran et que le noir des courbes de déclinaison était relativement mal conservé.

Enfin, à quelques endroits, notamment dans la partie gauche du cadran, on peut noter la présence de lignes gravées légèrement dans la pierre, dont certaines rehaussées de pigment noir. Il s'agit de l'épure du cadran, réalisée avant la gravure de l'ensemble (fig. 16). La présence de pigment s'expliquerait par les restaurations ultérieures. Les artisans ayant travaillé sur le cadran n'étaient peut-être pas gnomonistes ou cadraniers et auraient ainsi repeint toutes les lignes présentes. On note aussi une erreur de gravure, sur la ligne de VII h (fig. 17). La ligne horaire dépasse la courbe de déclinaison, ce qui n'aurait pas arriver.



Fig. 16 et 17. Exemple de tracé résiduel et erreur de gravure sur la ligne de VII h.

IV. 3. Coloration initiale des tracés horaires, calendaires et italiques

Les lignes encore conservées du cadran conservent des traces de pigment, certaines plus importantes que d'autres. Il apparaît clairement que les lignes horaires étaient rehaussées de rouge vif, type ocre rouge (fig. 18), tandis que les courbes de déclinaison étaient, elles, peintes en noir. Les chiffres arabes et les signes du zodiaque étaient eux aussi colorés en noir (fig. 19 ; fig. 13 et 14). Il s'agit là plus d'un noir d'ivoire que d'un terre d'ombre calciné et la reprise en pigment s'est faite en respectant ces couleurs très tranchées.



Fig. 18. Traces de rouge sur une ligne horaire.



Fig. 19. Pigment noir sur le signe de la balance.

En quelques endroits, on distingue plusieurs couches de pigment successives, preuve de multiples remises en couleur. Sur le signe du taureau, on trouve les plus anciennes traces de pigment ; elles se situent sous le mortier de rejointoiement placé sur une large fissure. Cette reprise de maçonnerie s'est faite après la mise en place du cadran et a alors occulté une partie du

signe du zodiaque. En la retirant, on retrouve un pigment noir un peu plus clair et poudreux que sur les autres zones du cadran. La présence du mortier de chaux explique cette différence de teinte. Par contre, les lignes italiques sont toutes dépourvues de coloration dans la partie supérieure du cadran. Aucune trace de pigment n'y est attachée, même fragmentaire (fig. 20).

Néanmoins, les lignes italiques de la partie inférieure droite du cadran possèdent, elles, encore des traces de pigment jaune ocre (fig. 21). Il faut donc supposer que les dernières restaurations, au XVIIIe siècle ou même au XIXe siècle ont totalement fait disparaître les traces de pigment restantes dans la partie centrale, les lignes italiques étant alors abandonnées car, probablement, jugées trop complexes ou inutiles.



Fig. 20. Trois exemples de lignes italiques non rehaussées de pigment.



Fig. 21. Trace d'ocre jaune sur une ligne italique inférieure.

Enfin, de très nombreuses traces d'ocre jaune ont été retrouvées à l'intérieur des chiffres romains (fig. 22). Presque tous les chiffres romains présentaient ce type de trace, souvent forte et encore bien conservée derrière la couche de concrétion due à la pollution.



Fig. 23. Cadran solaire représenté sur la maquette du Musée Sandelin. Cliché et © : Musée Sandelin

◀ Fig. 22. Trace d'ocre jaune sur la patte supérieure d'un X en chiffre romain

Ces traces ont posé question dans le processus de restitution des pigments. Cependant, cette couleur n'a pas été choisie pour deux raisons. D'une part, il peut ne pas s'agir de la couleur originelle mais d'une reprise du XIXe siècle, lorsque seul le tracé horaire existait encore et que les chiffres romains ont été regravés : toutes les traces antérieures auraient alors disparues. D'autre part, la remise en pigment ocre jaune des chiffres romains aurait fatalement amené la confusion avec les lignes italiques, elles aussi en ocre jaune. Afin de garder une unité d'ensemble, il a été décidé de reprendre les chiffres romains en rouge. Cette décision n'est cependant pas uniquement motivée par des questions de lisibilité. En effet, la maquette

de la cathédrale conservée au Musée Sandelin, et datée des années 1838-1840, présente le transept Sud ainsi que le cadran solaire, dans une disposition assez fidèle à l'original. Seuls les lignes horaires et les chiffres romains apparaissent, et ce en rouge (fig. 23).

IV. 4. Position et facture du style originel

La position du style originel a été mise en évidence sous la corniche sculptée, dans le prolongement de la ligne de midi (fig. 24). Le style occupait un point légèrement supérieur au centre du cadran. Il s'agissait d'un style polaire réalisé en fer et scellé au plomb. La section semble avoir été carrée. La pierre située sous le style présentait une échancrure qui indique bien l'inclinaison du porte ombre. Aucune trace d'une jambe de force n'était présente et rien n'indique, sur la table horaire, qu'il y en ait eu une. Ce style en fer forgé n'a probablement jamais porté un œilleton. Seule l'extrémité indiquait les heures italiques et la date sur les courbes de déclinaison. Le vestige du style a été descellé (fig. 25) et donné à la municipalité pour dépôt dans un des musées de la ville.



Fig. 24. Reste du style scellé au plomb.



Fig. 25. Fragments du style descellé.

IV. 5. Dispositions gnomoniques

Grâce à l'emplacement retrouvé du style, et avec des mesures effectuées sur l'ensemble du cadran, il a été possible de retrouver les paramètres de mise en place du style :

Latitude = $50^{\circ} 45'$

Déclinaison gnomonique : $- 25^{\circ} 53'$

Angle de la sous-stylaire avec midi = $19^{\circ},6275$

Inclinaison du style polaire sur la sous-stylaire = $34^{\circ},698$

Longueur style droit en moyenne : 50,5 cm

Longueur du style polaire en moyenne : 88,7 cm

En prenant des mesures sur les arcs diurnes sur plusieurs lignes horaires, on s'est rendu compte que l'on obtenait à chaque fois une longueur différente du style droit et par conséquent du style polaire. Exemple :

H = $- 45^{\circ}$ a = 53 cm

H = $+ 15^{\circ}$ a = 43 cm.

Les écarts sont considérables. Il y a là une anomalie dont les causes peuvent être multiples (erreur de mesure ; erreur du constructeur, etc). Deux possibilités étaient alors possible : ou bien prendre au pied de la lettre la valeur issue des arcs de midi solaire ; ou alors refaire des mesures de longueur d'arcs et moyenner l'ensemble pour obtenir une longueur du style polaire qui s'accorde au mieux avec le tracé. C'est cette seconde solution qui a été préconisée par Denis Savoie et qui a été mise en œuvre.

Avec une longueur de style de 88,7 cm, cela donne une distance du centre du cadran à l'équinoxiale (sur la ligne XII) de 114,6 cm. Malgré ces mesures moyennées, le cadran comporte encore des erreurs dans son tracé originel, notamment pour les heures extrêmes. Une étude complète réalisée par M. Willy Leenders, vice-président de l'association de cadrans solaires en Flandre (Zonnewijzerkring Vlaanderen vzw) à partir de photographies prises du parvis et redressées par informatique, fait le point sur ces erreurs et les méthodes qui ont pu être mises en œuvre pour y remédier. Cette étude sera probablement publiée en néerlandais dans le périodique de l'association mais peut également être demandée à l'auteur : willy.leenders@telenet.be.

V. TRAVAUX RÉALISÉS ET OBSERVATIONS PARTICULIÈRES

L'opération de sauvegarde et de remise en valeur du cadran s'est effectuée en deux temps. En premier lieu, l'entreprise Chevalier Nord a réalisé le calepin permettant de changer toutes les pierres abîmées ou menaçant de s'abîmer à très court terme. Cette opération a été faite en lien avec la DRAC et sous mon contrôle. Une fois les pierres sélectionnées, elles ont été remplacées, avec le moins d'interventions sur les chiffres arabes, romains, et les signes du zodiaque (fig. 26). Seule la partie centrale du cadran, fortement rongée, a d'ailleurs été entièrement reprise (fig. 27). Sur le pourtour, il s'agissait surtout de petits volumes ne remettant pas en question l'authenticité du cadran.



Fig. 26. Reprise et regravure de la table du cadran



Fig. 27. Zone centrale particulièrement reprise

Une fois les pierres changées, j'ai retracé puis regravé à la main les lignes et éléments disparus en suivant la facture et le tracé d'origine (fig. 27). Seuls les chiffres 11, 19 et 20 ont été refaits à neuf. Une fois l'ensemble regravé et rejointoyé, le cadran a été remis en pigment, suivant le test validé par la DRAC (fig. 28). Les lignes horaires et les chiffres romains ont été repeints avec de la terre de Sienne calcinée fixé au paraloïd B72 dilué à 03% dans du toluène.

Les chiffres arabes, les courbes de déclinaison et les signes du zodiaque ont été repris avec du noir d'ivoire fixé au paraloïd



Fig. 28. Test couleur approuvé par la DRAC

B72 dilué à 03% dans du toluène. Les lignes italiques ont été peintes avec de l'ocre jaune fixé à l'ACCRO NC dilué dans de l'eau. L'ensemble est donc repris au plus proche de ce qu'il devait être lors de la création du cadran en 1610 (fig. 29).

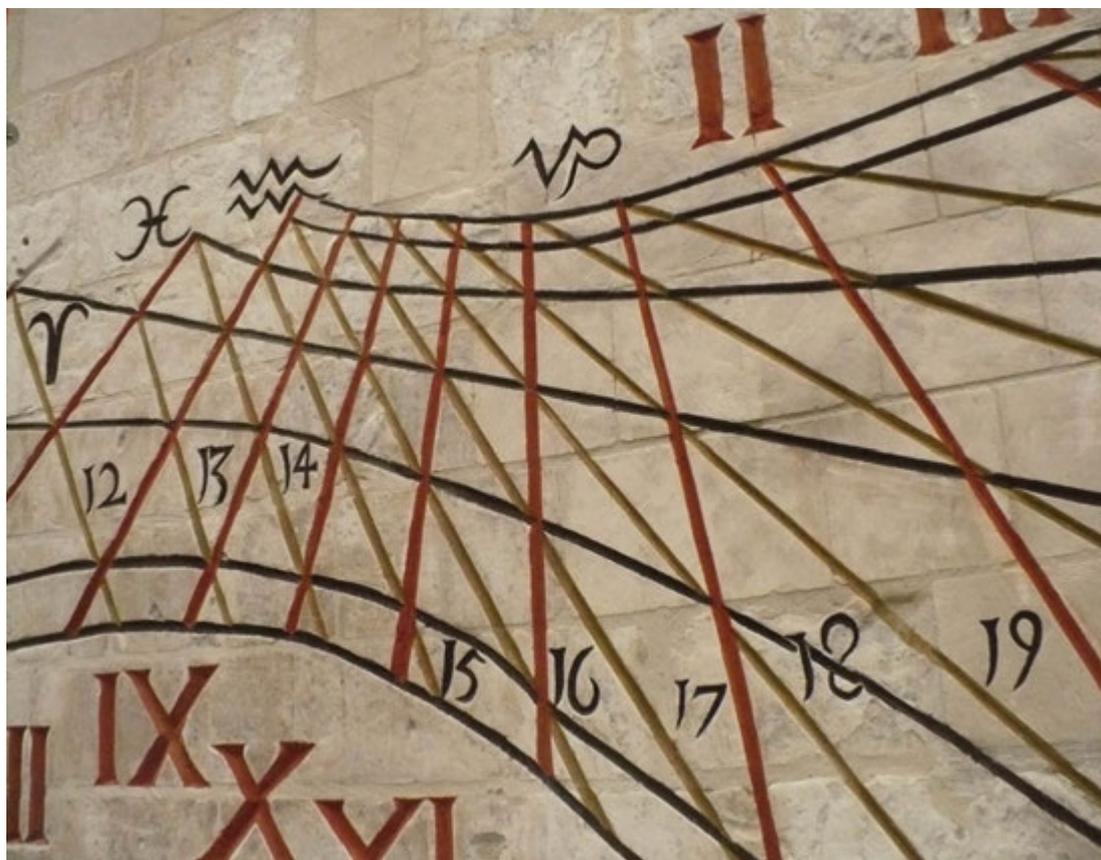


Fig. 29. État du cadran après remise en pigment

La dernière étape a été la remise en place du style selon les données calculées par Denis Savoie et Pierre Berriot (fig. 5), remise en place effectuée sous mon contrôle. C'est un style en inox martelé et en partie épannelé qui a été choisi par la DRAC. Il a été scellé à la résine synthétique pour plus de solidité dans le temps et pour éviter toute désolidarisation du support.

Enfin, à la demande de la municipalité, j'ai indiqué la date de réfection du cadran à la suite des dates déjà peintes sur la partie inférieure droite (fig. 29). Le cadran est alors entièrement sauvé et rendu lisible physiquement. Pour le rendre lisible intellectuellement, le pôle pays d'Art et d'Histoire de Saint Omer a fait réaliser un dépliant complet sur l'histoire et le fonctionnement du cadran. Ce document est disponible dans la cathédrale et à l'office de tourisme.



Fig. 30. Signature apposée en bas du cadran

CONCLUSION

Les cadrans solaires constituent un patrimoine souvent devenu rare ou peu visible, faute de soins appropriés et d'intérêt. Pourtant, ils peuvent encore être utiles de nos jours : ils mettent en exergue les mouvements diurnes de la Terre autour du Soleil, indiquent des faits astronomiques complexes de prime abord, rappellent que nous fonctionnons encore, malgré la technologie, avec une horloge « naturelle », le Soleil. Par ailleurs, un cadran solaire attire l'œil, il questionne et interpelle. À Saint-Omer, le cadran présente des spécificités exceptionnelles qui ont justifié sa sauvegarde et sa remise en fonctionnement :

- Monumental, il est également prestigieux de par son histoire et le lieu auquel il est attaché. Les cadrans de cette taille sont extrêmement rares, surtout pour le début du XVIIIe siècle. Les cadrans dont on possède la date de création ainsi que celles des restaurations postérieures font également figures d'exception. On ne prend la peine de noter ces informations que sur des instruments de valeur ou dont on reconnaît l'importance.
- Sa typologie (déclinant sud-est) et sa conception complexe (heures italiques, courbes de déclinaison) indiquent une volonté d'impressionner et de frapper le public. Le calcul de ce type de cadran n'est pas simple, surtout sur une telle surface (un cadran plein sud est bien plus « facile » à calculer). Sa réalisation en 1610, sans être un tour de force, doit être soulignée et des recherches effectuées pour essayer d'en trouver un possible commanditaire. Il s'agit également du seul cadran solaire du Nord-Pas-de-Calais à présenter des heures italiques.
- Enfin, l'utilité même de ce cadran est particulièrement riche de sens. Sa mise en place suit un schéma assez fréquent du XVIe au XIXe siècles : il s'agit d'un étalon pour l'époque. En effet, il existe très certainement un lien entre l'horloge astrolabe située à l'intérieur et le cadran monumental. Ce dernier constituait le moyen le plus sûr pour mettre à l'heure l'horloge, qui ne peut garder une marche constante tout au long de l'année. Le peu d'écart relatif entre la mise en place de l'horloge (1558) et la mise en place du cadran (1610) accrédite l'hypothèse d'un lien entre les deux, d'autant plus que le cadran solaire donne des informations similaires à celles présentées par l'horloge (heures italiques / signes du zodiaque).

Jérôme Bonnin

jeromebonnin@laposte.net

Étude et restauration du patrimoine gnomonique gravé





Cadrans solaires en forme de calice

Dominique Collin

Dans un article paru dans Cadran-Info n°18, il avait été question d'un cadran solaire sur la surface d'un cône droit dont le gnomon était placé à son sommet. Par la même occasion, le cas d'un cadran tracé sur l'intérieur d'un cône de révolution (il existe quelques spécimens dans les musées nationaux¹) avait été également traité parce que la littérature gnomonique sur ce sujet était plutôt mince. Le problème plus général qu'on se propose de résoudre ici, est celui du tracé d'un cadran solaire sur la paroi intérieure d'une surface de révolution. On donnera les coordonnées du point d'ombre pour des quadriques de révolution ainsi que les éléments généraux du calcul des coordonnées du point d'ombre lorsque le profil générateur de la surface de révolution est tout à fait quelconque. D'un point de vue très général, l'axe de révolution est la verticale du lieu et le gnomon est un style droit placé sur cet axe. De la sorte, on participe un peu plus à la connaissance de ce type de cadran solaire dont il faut reconnaître que sa construction est relativement difficile² quand bien même le logiciel « Solarium » de M. Dallet apporte une aide spécifique intéressante.

1. Cadran solaire à l'intérieur d'une surface de révolution – Cas général

Considérons un repère orthogonal direct $Oxyz$ de telle sorte que Ox soit orienté vers l'est, Oy vers le nord et Oz vers le zénith du lieu, axe de révolution du cadran. Le point O est l'intersection de l'axe de révolution de la surface du cadran avec le plan horizontal en un lieu de latitude Φ . Les surfaces en question sont de la forme $x^2 + y^2 = P(z)$, ou $P(z)$ est un polynôme du second degré³ ou d'un ordre supérieur, ou encore, correspondant à n'importe quel autre type de courbe comme profil générateur.

Ce profil d'équation $P(z)$ vient s'intercaler entre le sommet du gnomon OG et le point d'ombre H du cadran horizontal : de la sorte, le rayon du Soleil s'arrêtera sur le profil pour constituer ce que l'on peut désigner comme "cadran calice".

Pour simplifier, on se contentera d'un polynôme du second degré ($P(z) = ax^2 + bx + c$), (a , b et c sont des paramètres réels fixés à l'avance – cf. table 1).

¹ Voir par exemple le catalogue des collections des musées de France "Joconde". Le site web est, à ce jour : http://www.culture.gouv.fr/documentation/joconde/fr/recherche/rech_libre.htm. Vous accéderez à partir de ce lien à la page de recherche du site web. Saisissez ensuite dans le champ de recherche les mots "cadran en forme de calice"; vous obtiendrez la page de description d'une coupe conique (à gnomon centré) présent dans la collection (auteur anonyme, conservation : musée national de la Renaissance d'Ecouen). (source (2010) : Mme N. Marquet, membre SAF).

² Il faut déjà connaître l'équation du profil générateur lorsqu'un tel solide de révolution existe déjà. Les décors architecturaux modernes d'embellissement ne se privent pas de ce genre de forme pour des fontaines ou des vasques suspendues par exemple.

³ Pour les quadriques.

Les coordonnées tridimensionnelles du point d'ombre sur la *paroi intérieure* sont, d'une façon très générale (voir figures 1a et 1b) :

$$P \begin{cases} x = p(l-z) \\ y = q(l-z) \\ z = \text{racine choisie de l' équation } \mathcal{E} \end{cases} \quad (1)$$

L'équation \mathcal{E} d'inconnue z est :

$$P(z) \times \tan^2 h - (l-z)^2 = 0 \quad (\mathcal{E})$$

C'est l'équation à résoudre pour déterminer la côte z de l'extrémité de l'ombre du style droit. On peut, mais cela n'est pas indispensable, exprimer autrement cette équation :

$$P(z) - (p^2 + q^2)(l-z)^2 = 0 \quad (\mathcal{E}_1)$$

Avec :

$$\begin{cases} p = \frac{\sin Az}{\tan h} \\ q = \frac{\cos Az}{\tan h} \end{cases} \quad (2)$$

Quantités parfaitement connues car elles proviennent du cadran solaire horizontal qui serait formé par le gnomon OG s'il n'y avait pas la surface de révolution. Le couple $(p; q)$ s'exprime très facilement en fonction du couple de coordonnées horaires locales $(t; \delta)$. Il n'en est pas de même de $\tan h$ en fonction de $(t; \delta)$. En effet, on a :

$$\tan h = \frac{\sin \phi \tan \delta + \cos \phi \cos H}{\sqrt{[\cos \phi \tan \delta - \sin \phi \cos H]^2 + \sin^2 H}}; \quad (3)$$

Cette relation très peu usitée, empêche de trouver une expression algébrique simple des coordonnées du point d'ombre P en fonction du couple horaire $(t; \delta)$.

L'essentiel du problème se ramène donc à la résolution de l'équation \mathcal{E} donnant la côte z du point d'ombre P , extrémité de la projection⁴ du style droit sur la paroi intérieure de la surface de révolution constituant le cadran solaire en forme de calice (*cf.* fig. 1b).

La complexité de cette équation dépendra du profil générateur choisi ; souvent, on aura recours à des méthodes numériques pour résoudre une telle équation.

À ce stade, le problème des coordonnées pour le tracé du cadran est entièrement résolu en terme théorique ; en ce qui concerne la pratique c'est une autre histoire.

⁴ Il s'agit d'une projection centrale, de centre l'extrémité du style droit.

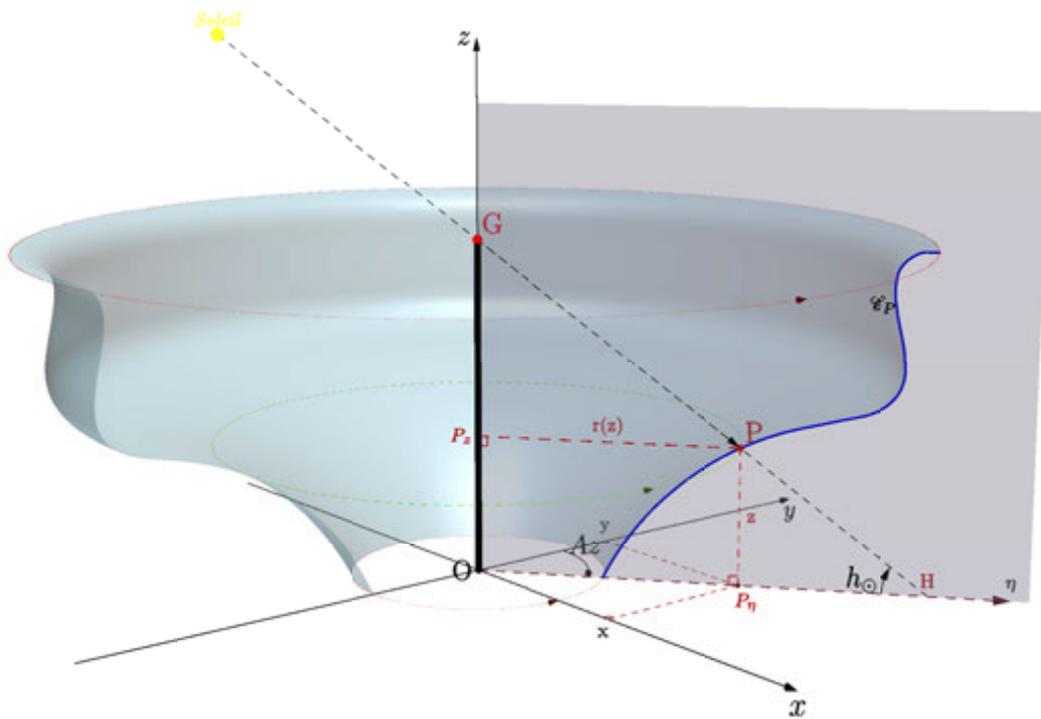


Figure 1a – Configuration du cadran dans le repère $Oxyz$. Le solide de révolution a pour profil générateur la courbe C_p . Le point H , point sur l'horizon xy , est la projection du gnomon OG dans la direction des rayons solaires s'il n'y avait pas le profil générateur. Le point P est la projection du gnomon sur la paroi intérieure du solide de révolution.

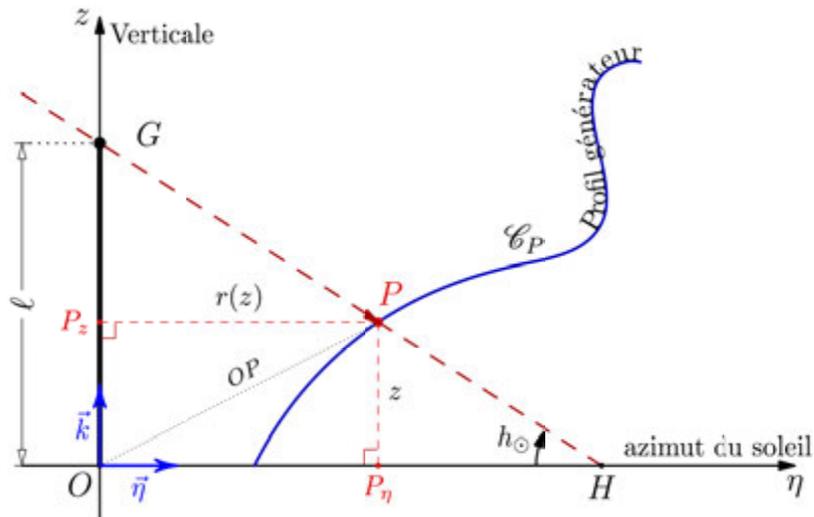


Figure 1b – Construction du point d'ombre sur la surface engendrée par le profil générateur. Coupe effectuée dans un plan azimutal quelconque.

2. Cadran solaire sur l'intérieur d'une quadrique de révolution

Les surfaces de révolution les plus courantes sont les surfaces communément désignées sous le nom de : cône, sphère, parabolôïde, hyperbolôïde à 1 nappe, hyperbolôïde à 2 nappes, et ellipsoïde (on a omis volontairement le cylindre). On trouvera ci-après toutes ces

quadriques avec le principe de calcul du point d'ombre et des représentations 3D du tracé sur leur surface intérieure respective, le gnomon étant centré sur l'axe de révolution. La table 1 ci-après énumère la liste des formes polynomiales du profil générateur de ces quadriques de révolution.

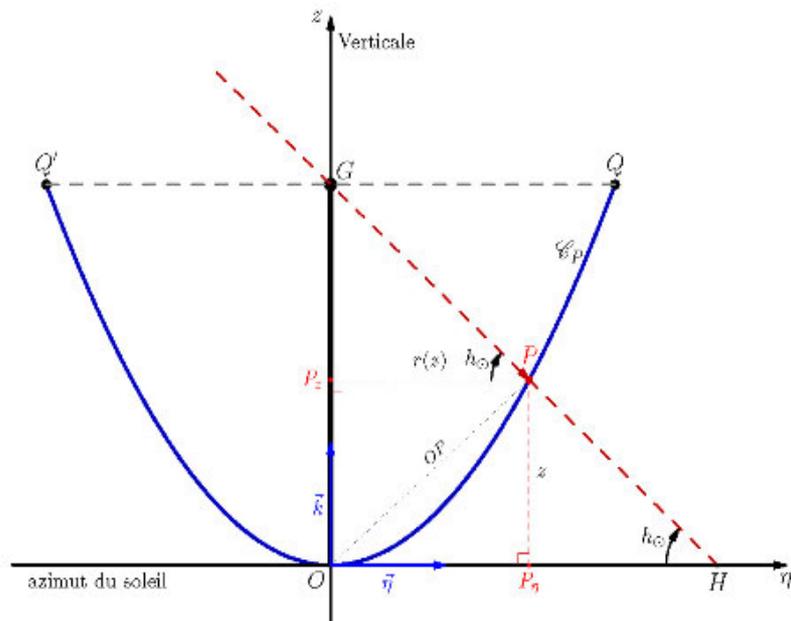
2.1. Profils générateurs

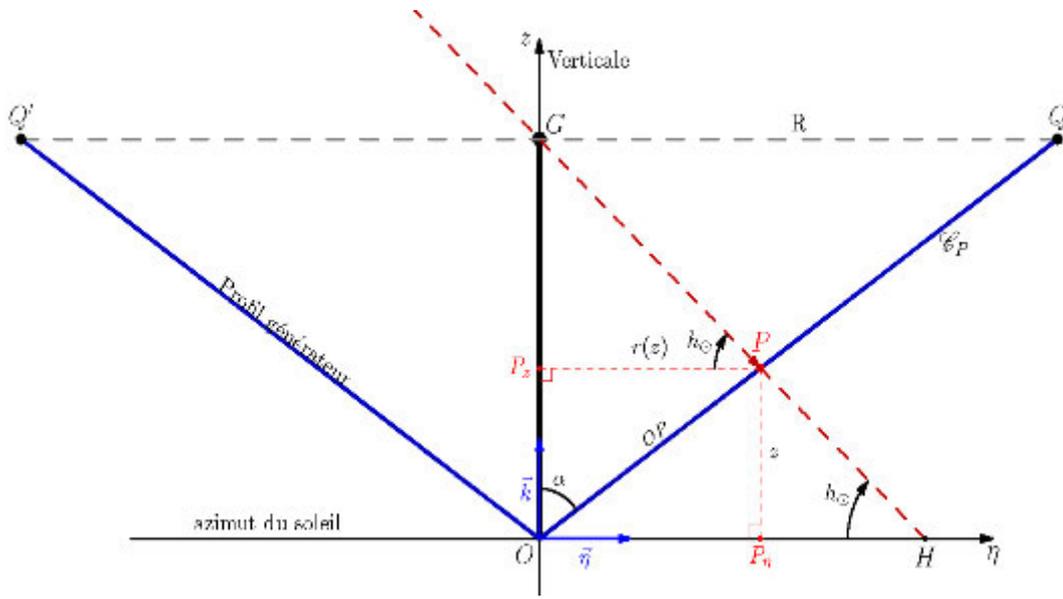
Nature de la surface de révolution	Coefficients du Polynôme $P(z)=x^2+y^2 = a_0+a_1 z+a_2 z^2$			
	a_0	a_1	a_2	Polynôme P(z)
Cylindre	$\neq 0$	0	0	$P(z) = a_0$
Paraboloïde	0	k	0	$P(z) = k.z$
Cône	0	0	k^2	$P(z) = k^2 z^2$
Hyperboloïde à 1 nappe	a^2	0	k^2	$P(z) = k^2 z^2+a^2$
Hyperboloïde à 2 nappes	$-a^2$	0	k^2	$P(z) = k^2 z^2-a^2$
Sphère	R^2	0	-1	$P(z) = -z^2+R^2$
Ellipsoïde	R^2	0	$-k^2$	$P(z) = -k^2 z^2+R^2$

Table 1 – Equations du profil générateur P(z).

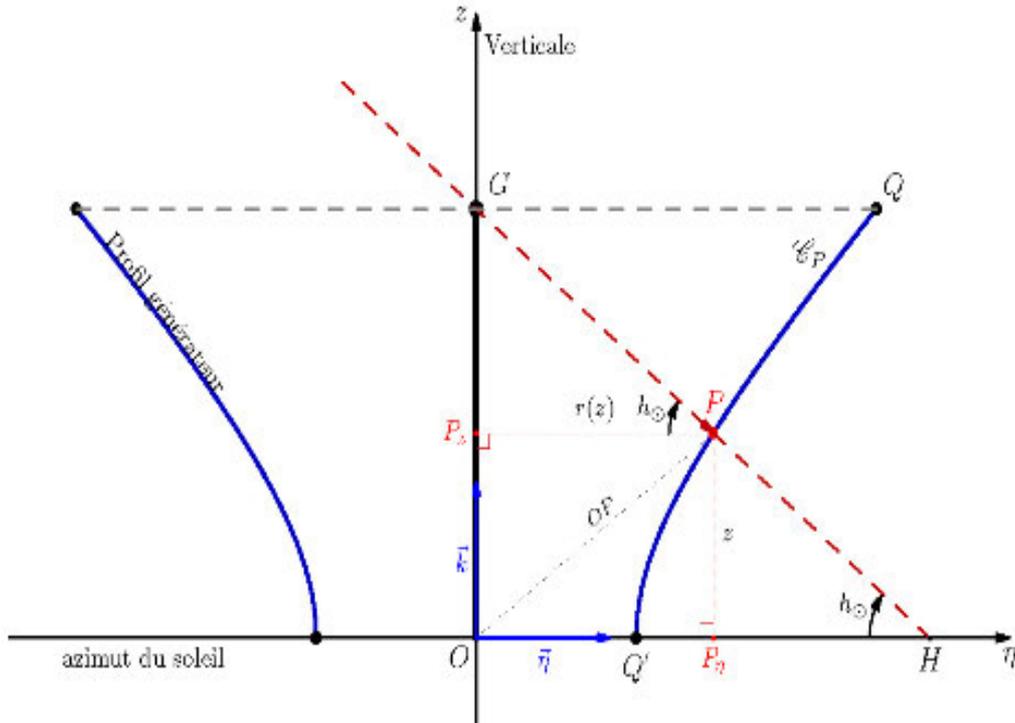
Profils générateurs et principe de détermination des coordonnées sur la surface engendrée par la rotation autour de l'axe des z du profil générateur. Le point H est le point horaire pour le cadran horizontal, P celui pour le cadran calice, Q et Q' les bords du profil, G l'extrémité du gnomon.

(a) Profil parabolique ►

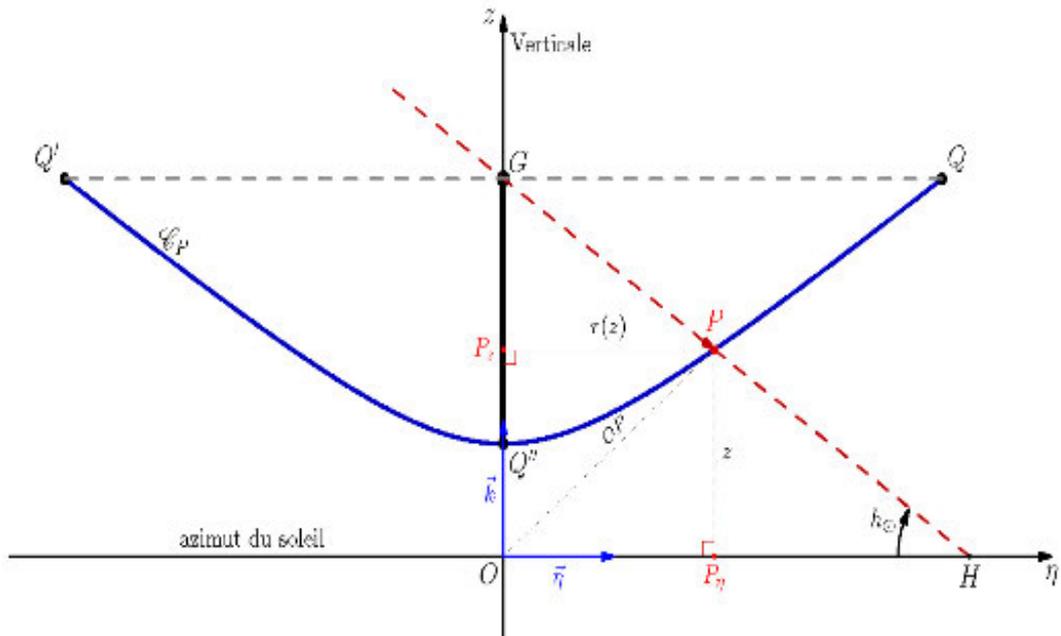




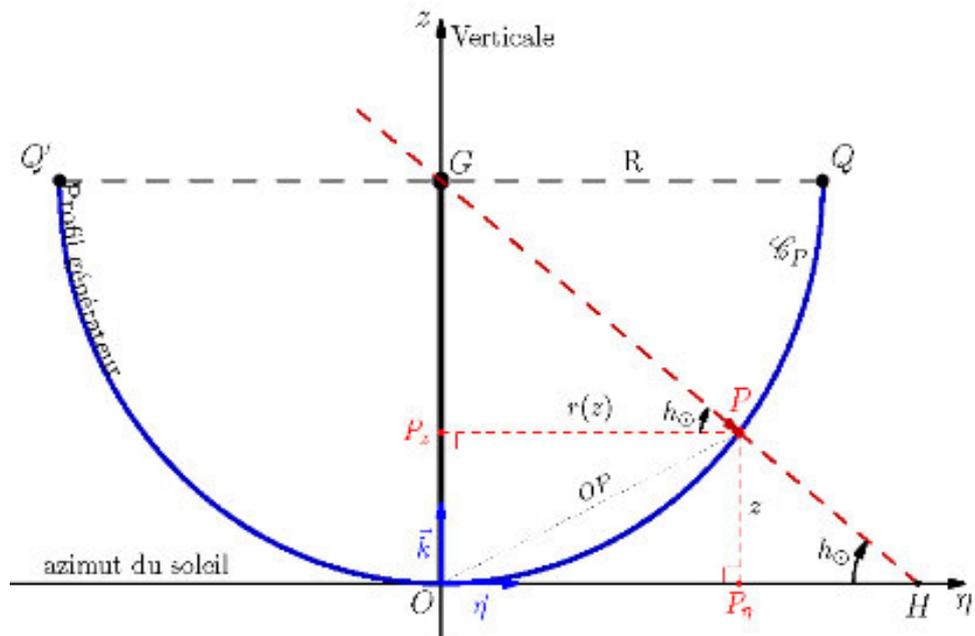
(b) Profil conique



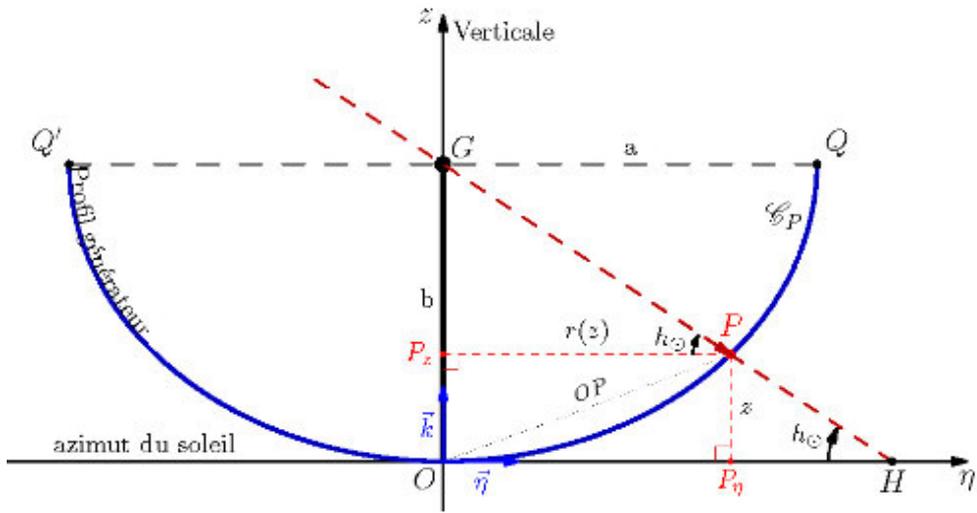
(c) Profil hyperbolique 1



(d) Profil hyperbolique 2



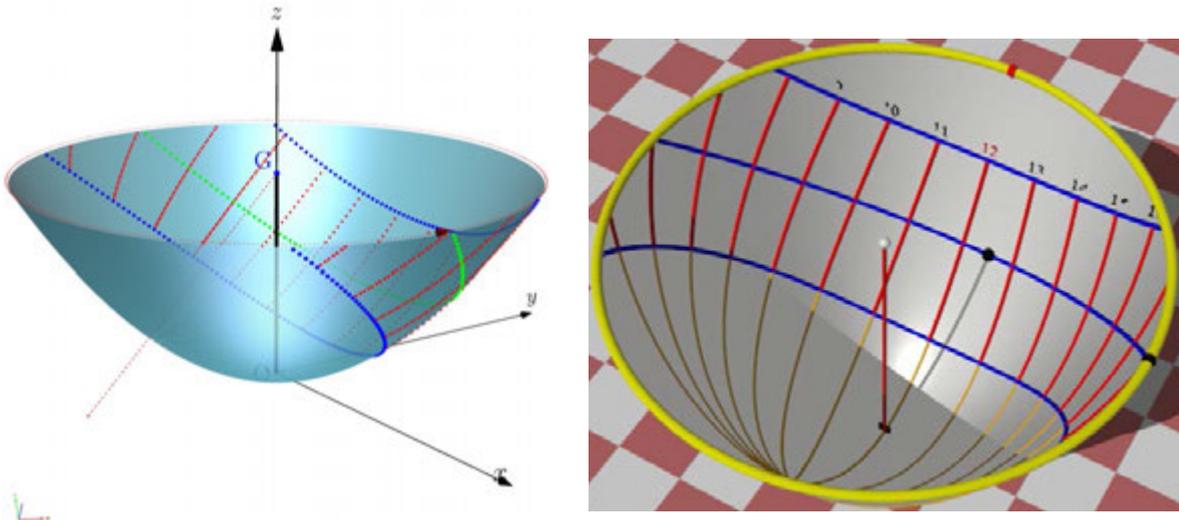
(e) Profil sphérique



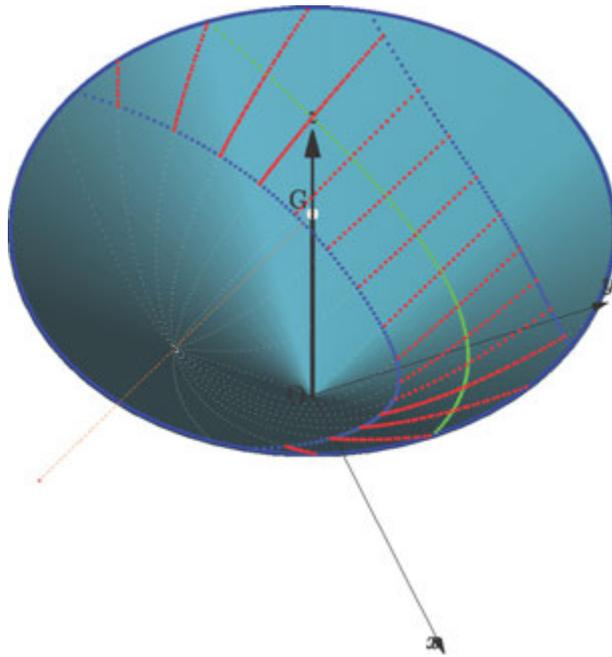
(f) Profil elliptique

Figures 2 : a, b, c, d, e et f – Profils générateurs. Coupe effectuée dans un plan azimutal quelconque.

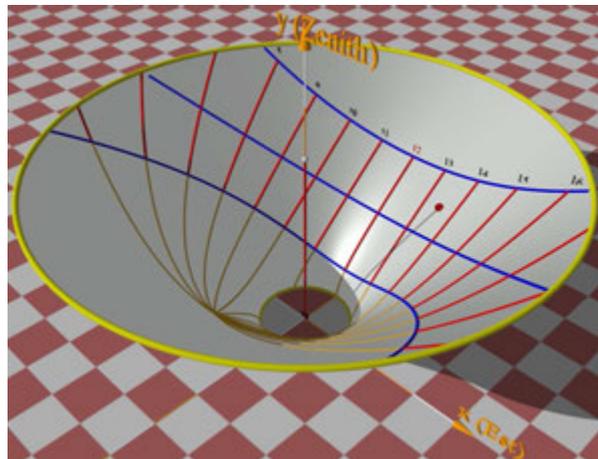
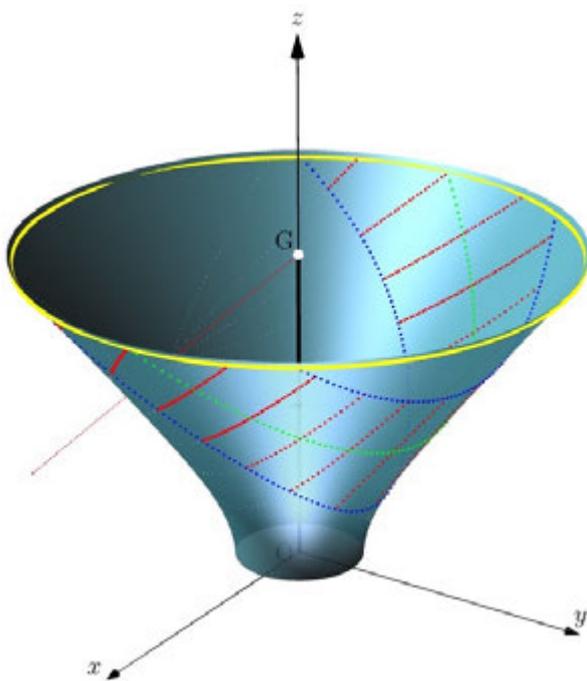
2.2. Cadrans solaires sur des quadriques



(a) – Parabolöide.

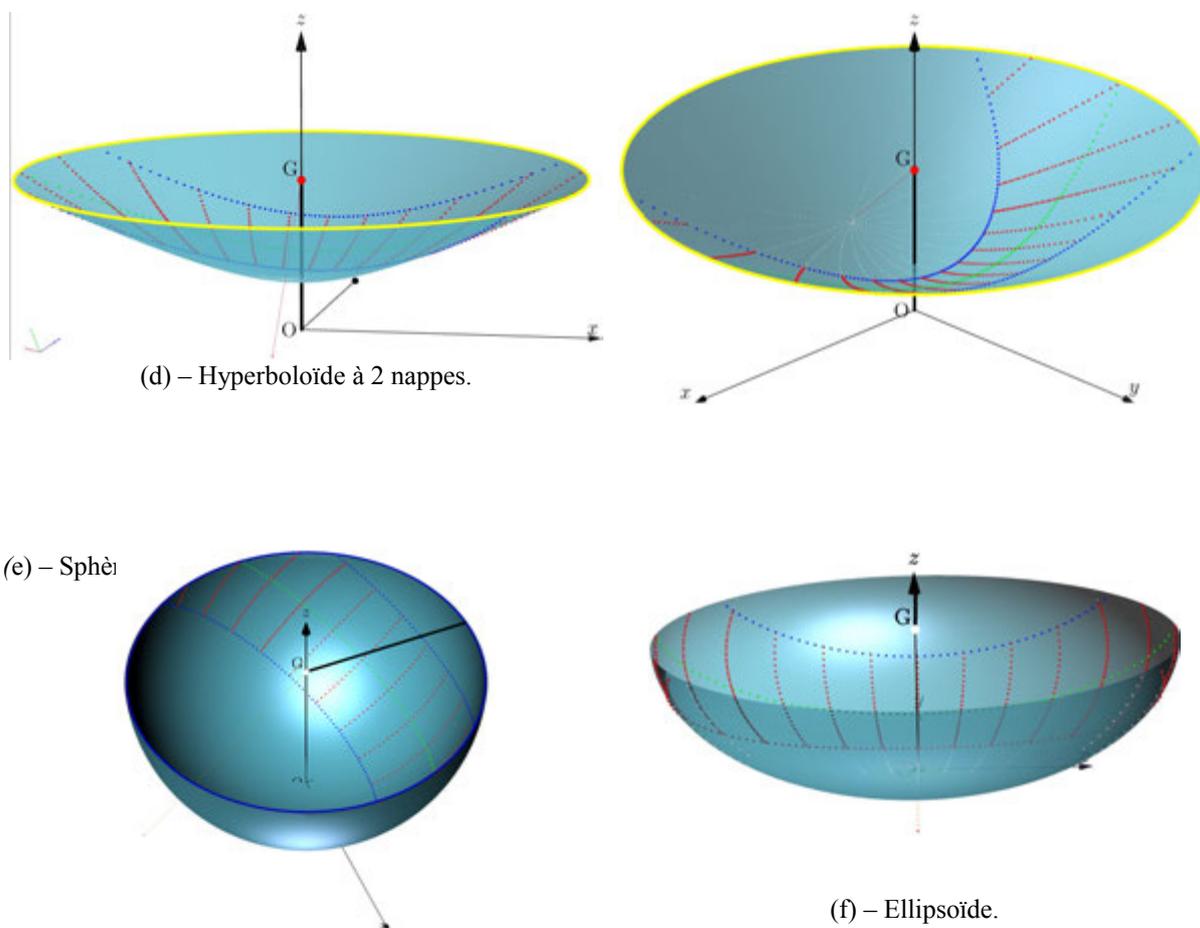


(b) – Coupe conique (pour une étude associée beaucoup plus complète, cf. cadran-Info n°18).



(image Pov Ray – Source : M. Baillet)

(c) – Hyperboloïde à 1 nappe.

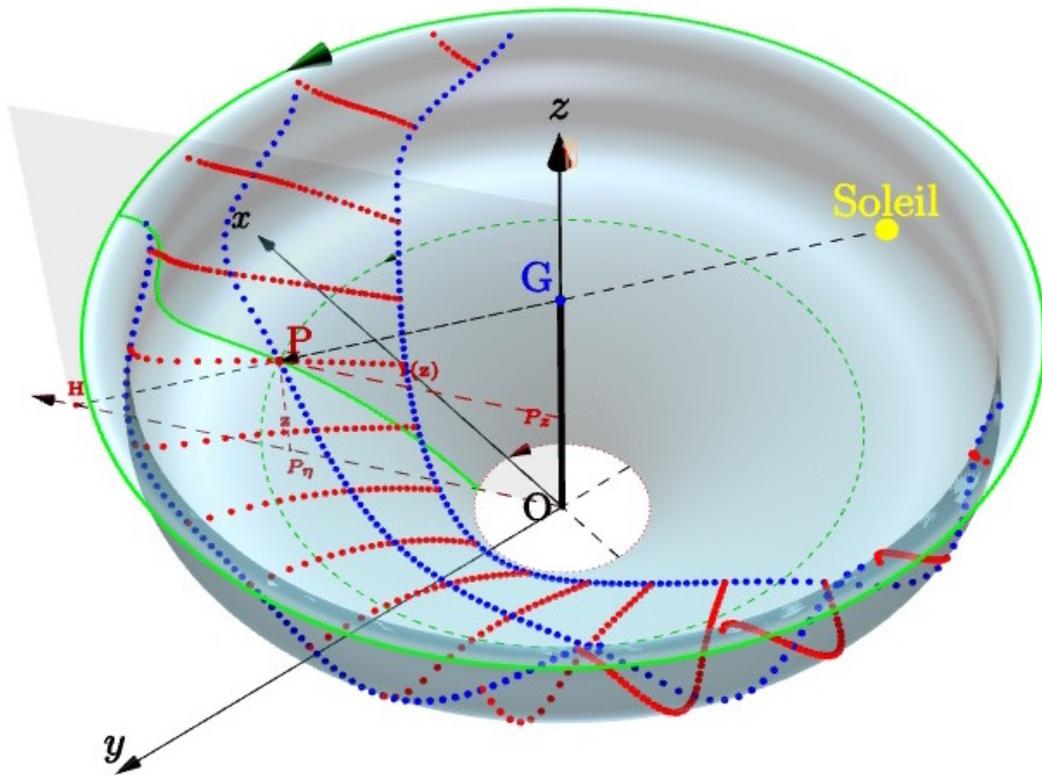


Figures 3 : *a, b, c, d, e, et f* – Cadran en forme de calice pour les quadriques de révolution.
 Vue en 3D réalisées par le logiciel Pov-Ray ou par le logiciel Asymptote.

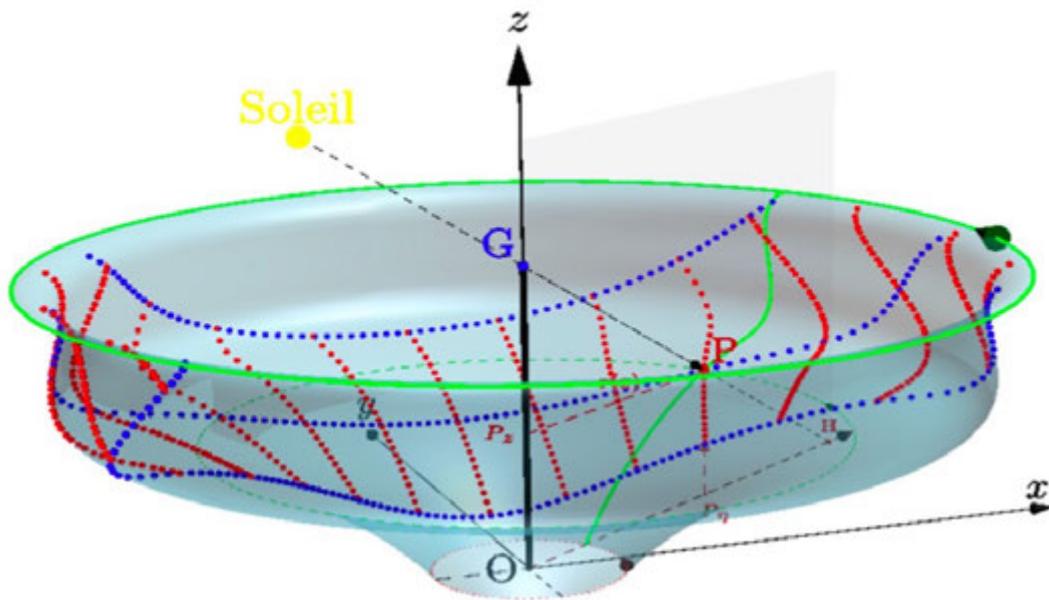
3. Autres surfaces de révolution.

À partir du principe général décrit précédemment, on propose de fournir le tracé complet des arcs diurnes et des lignes horaires dans le cas de la surface de révolution de la figure 1, qui est le cas approché de ce que pourrait être une vasque quelconque par exemple (figures 4a et b). On propose aussi le tracé sur la surface d'une caténoïde⁵ (figure 5), surface plus complexe que les précédentes.

⁵ Surface engendrée par la révolution d'une chaînette autour de sa base (horizontale). La base a ensuite été orienté selon l'axe des z dans le cas envisagé ici, de telle sorte que le gnomon confondu avec la base soit donc placée verticalement. Remarque : le temps de calcul des points horaires et des arcs diurnes est étonnamment très long sous le logiciel Asymptote (version 2.31) pour ce type de surface de révolution. (plus d'une heure de calcul sous Macintosh OS X Yosemite avec un processeur 2,4 GHz Intel Core 2 Duo).

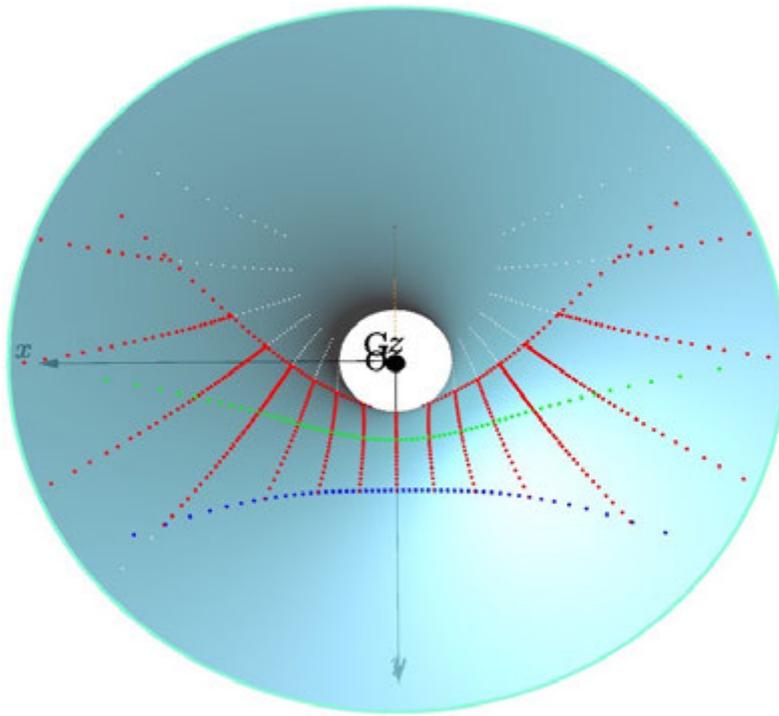


(a)

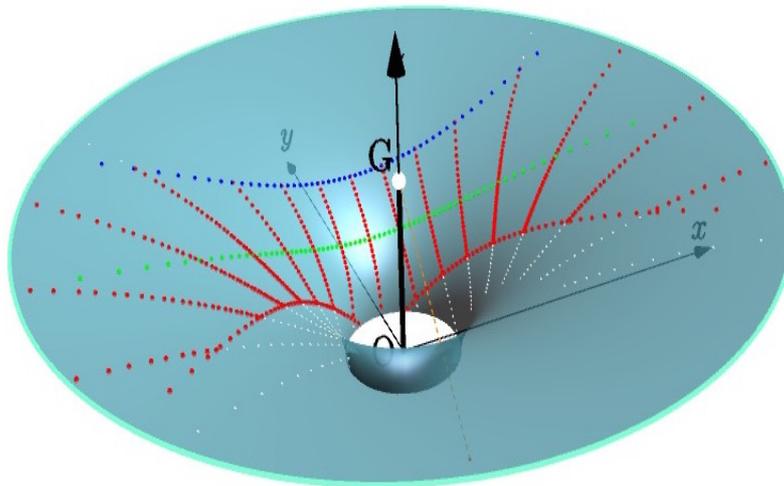


(b)

Figure 4 – Différentes représentation 3D d'une vasque de forme quelconque.



(a)



(b)

Figure 5 – Cadran solaire sur la surface d'une caténoïde.

Il est bien entendu que si ces logiciels fournissent des représentations 3D manipulables à la souris pour l'un (Asymptote) ou est capable de produire une vidéo ou une animation cinématique pour l'autre (Pov Ray), ils peuvent fournir également une liste de coordonnées tridimensionnelles.

Le cadranier n'aura que faire de ces coordonnées 3D dans la pratique à moins de disposer d'une machine à commande numérique suffisamment grande pour faire les gravures, et d'un savoir faire conséquent.

On peut, par une programmation adéquate à déterminer selon chaque situation, obtenir des coordonnées dans chaque plan azimutal depuis le rebord de la surface de révolution permettant ainsi une forme d'arpentage point par point sur la courbure du profil générateur. Le procédé serait évidemment assez long pour le constructeur. Mais le maillage constitué serait certainement suffisant pour pouvoir tracer des lignes horaires et les arcs des solstices et des équinoxes.



Au musée d'Ecouen (val-D'Oise)



Cadran en forme de calice de la fin 16^e siècle/début 17^e siècle d'origine allemande, en argent.

Hauteur 134mm, diamètre 85 mm.

Fonds Du Sommerard.

Photo (C) RMN-Grand Palais (musée de la Renaissance, château d'Ecouen) / René-Gabriel Ojéda

<http://www.photo.rmn.fr/archive/04-509454-2C6NU002SQED.html>



Lignes babyloniennes et italiennes : notes

Dominique Collin

La traduction du chapitre XIII de l'ouvrage de Joseph Drecker¹, sur les lignes horaires babyloniennes et italiennes demande quelques approfondissements. Tout commence par l'arc diurne maximal en un lieu de latitude ϕ . Après en avoir établi l'équation très générale, on détermine l'équation tout aussi générale des lignes babyloniennes et italiennes de tout cadran plan. La démarche de Drecker est ainsi un peu plus mise en lumière et ses résultats largement étendus pour des lignes tombées quelque peu dans l'oubli. On mène ici une étude mathématique dégagée de toute préoccupation pratique et on suppose que le lecteur a déjà été confronté à la construction de ces lignes. On illustrera et terminera cette courte étude par un aperçu rapide de quelques cadrans sur les faces d'un cadran polyédrique célèbre, le rhombicuboctaèdre de Michel Coignet (1590).

1. Courbes d'arcs diurnes

On se propose tout d'abord de déterminer l'équation cartésienne la plus générale des arcs diurnes dans un cadran à plan incliné et déclinant, cadre théorique le plus global possible, pour ensuite délivrer l'équation de l'arc diurne maximal. On trouve d'ailleurs rarement dans la littérature une telle équation sous la forme que l'on présente ici².

1.1 Cas général du plan incliné déclinant

Prenons le formulaire de D. Savoie³ sur les coordonnées rectangulaires de l'extrémité de l'ombre d'un style droit dans un cadran solaire à plan incliné déclinant. Dans le système d'axes orthogonaux considéré Oxy dont l'origine est le pied du style avec l'axe des x orienté vers la droite (lorsqu'on regarde le cadran) et l'axe des y orienté le long de la ligne de plus grande pente et vers le haut, il est établi que :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{x}{a} = \frac{\cos D \sin H - \sin \phi \sin D \cos H + \cos \varphi \sin D \tan \delta}{\sin D \sin I \sin H + (\cos \varphi \cos I + \sin \varphi \sin I \cos D) \cos H + (\sin \varphi \cos I - \cos \varphi \sin I \cos D) \tan \delta} \\ \frac{y}{a} = \frac{\cos I \sin D \sin H - (\cos \varphi \sin I - \sin \varphi \cos I \cos D) \cos H - \tan \delta (\sin \varphi \sin I + \cos \varphi \cos I \cos D)}{\sin D \sin I \sin H + (\cos \varphi \cos I + \sin \varphi \sin I \cos D) \cos H + (\sin \varphi \cos I - \cos \varphi \sin I \cos D) \tan \delta} \end{array} \right. \quad (1)$$

-
- 1 Joseph Drecker, *Theorie der Sonnenhrehn*, dans « l'Histoire de la mesure du temps et des heures », Volume I, fascicule E, édité par Von Bassermann-Jordan, Berlin & Leipzig, 1925. Une traduction française sera bientôt disponible dans la revue Cadran-Info de la commission des cadrans solaires.
 - 2 Il existe différentes études des arcs diurnes dans un cadran plan. On peut citer celles d'Alexandre Vial, *Lignes de déclinaison d'un cadran solaire plan*, Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie (BUP), octobre 2007, volume 101, n°897, pages 981–998, ou encore, *Étude des lignes de déclinaison d'un cadran solaire horizontal*, Bull. Un. Prof. Phys. Chim., février 2006, vol. 100, n° 881, p. 169-180. Tous les ouvrages modernes traitent d'une façon ou d'une autre des arcs diurnes, mais pratiquement pas de l'arc diurne maximal, de ses utilités et conséquences.
 - 3 Denis Savoie, *La gnomonique*, édition les Belles-Lettres, 2007. On consultera notamment les pages 104 à 105, du chapitre VI, « Cadrans inclinés déclinants ».

relations dans lesquelles D est la déclinaison gnomonique, I est la distance zénithale de la normale au plan du cadran, φ est la latitude du lieu où est établi le cadran, et enfin $(H ; \delta)$ sont les coordonnées horaires du Soleil. L'élimination de la déclinaison δ (cf. *annexes mathématiques*) conduit à une conique d'équation $Ax^2+Bxy+Cy^2+\underline{D}x+Ey+F=0$ dont les coefficients ont pour expression générale :

$$\begin{cases} A=\sin^2 \delta-\cos^2 \varphi \sin^2 D \\ B=\sin 2 \varphi \sin D \sin I+\cos^2 \varphi \sin 2 D \cos I \\ C=\sin^2 \delta-(\sin \varphi \sin I+\cos \varphi \cos I \cos D)^2 \\ \underline{D}=a\left(\cos^2 \varphi \sin 2 D \sin I-\sin 2 \varphi \sin D \cos I\right) \\ E=a\left[\sin 2 \varphi \cos D \cos 2 I+\sin 2 I\left(\sin^2 \varphi-\cos^2 \varphi \cos^2 D\right)\right] \\ F=a^2\left[\sin^2 \delta-(\sin \varphi \cos I-\cos \varphi \cos D \sin I)^2\right] \end{cases} \quad (2)$$

1.2 Cas particuliers

On vérifie immédiatement que lorsque le cadran devient horizontal ($I=0^\circ, D=0^\circ$) ou vertical (D qcq., $I=90^\circ$), on retrouve bien les coefficients de l'équation cartésienne de l'arc diurne. Pour ces deux cas très spécifiques, dont la littérature est abondante, on a donc :

<i>Cadran horizontal</i>	<i>Cadran vertical déclinant</i>
$\begin{cases} A=\sin^2 \delta \\ B=0 \\ C=\sin^2 \delta-\cos^2 \varphi \\ \underline{D}=0 \\ E=a \sin 2 \varphi \\ F=a^2\left(\sin^2 \delta-\sin^2 \varphi\right) \end{cases}$	$\begin{cases} A=\sin^2 \delta-\cos^2 \varphi \sin^2 D \\ B=\sin 2 \varphi \sin D \\ C=\sin^2 \delta-\sin^2 \varphi \\ \underline{D}=a \cos^2 \varphi \sin 2 D \\ E=-a \sin 2 \varphi \cos D \\ F=a^2\left(\sin^2 \delta-\cos^2 \varphi \cos^2 D\right) \end{cases}$

1.3 Équinoxiale : équation générale

L'équation de l'équinoxiale a pour expression dans ce système d'axes :

$$(\cos \varphi \sin D) x-(\sin \varphi \sin I+\cos \varphi \cos D \cos I) y+a(\sin \varphi \cos I-\cos \varphi \cos D \sin I)=0$$

Équation valable quel que soit le plan incliné déclinant. L'équinoxiale est une droite dans l'hypothèse où la déclinaison reste constante au voisinage de l'instant où se produit $\delta=0$. Pour information, l'intersection de l'équinoxiale avec la ligne d'horizon du cadran se produit

en un point de coordonnées : $\left(\frac{a}{\tan D \sin I} ; \frac{a}{\tan I}\right)$. C'est aussi par ce point que passe la ligne

horaire babylonique de 12 heures. Donc, particularité facilement repérable soit pour un comptage des lignes horaires babyloniennes ou italiennes, soit pour une vérification du tracé de ces mêmes lignes.

1.4 Arc diurne maximal

Description. Si en un lieu de latitude φ , le Soleil pouvait atteindre⁴ la déclinaison $\delta_0=90^\circ-\varphi$, il serait ce jour-là en permanence au-dessus de l'horizon : il atteindrait son point culminant au méridien Sud, son point le plus bas exactement à l'horizon Nord (le Soleil ne se coucherait jamais). Supposons que l'on commence le comptage horaire depuis le point horizon Nord. Si l'on considère un point horaire mobile M sur la sphère céleste, intersection du cercle horaire avec le cercle de l'arc diurne maximal, alors ce point effectue un tour en 24 heures de temps vrai. Il existe donc 24 points de division horaire sur cet arc. Parmi-eux douze points coïncident avec le premier maximum des courbes hectémoréales (courbes d'heures temporaires, lesquelles rappelons-le, coïncident avec l'angle horaire seulement les jours d'équinoxes). Si l'on appelle T l'heure temporaire, H l'angle horaire et B la B^e heure babylonique, alors on a⁵ $H=T=B/2$. Comme une heure temporaire correspond à la douzième partie du temps écoulé depuis le lever du Soleil jusqu'à son coucher, il existera 24 heures babyloniennes. Sur la sphère céleste, la ligne horaire babylonique est l'arc de grand cercle tangent aux points de division des arcs diurnes extrêmes. Par conséquent, en projection sur n'importe quel plan tangent à la sphère céleste (dont le centre est l'extrémité du gnomon) les lignes babyloniennes et italiennes sont des droites tangentes à la projection sur le plan du cadran de l'arc diurne maximal. D'où la nécessité de s'intéresser à cet arc que le Soleil n'atteint jamais quelque soit la latitude.

Équation générale. En remplaçant δ par $90^\circ-\varphi$ dans les coefficients (2), on obtient alors pour tout plan incliné déclinant :

$$\begin{cases} A_0 = \cos^2 \varphi \cos^2 D \\ B_0 = \sin 2 \varphi \sin D \sin I + \cos^2 \varphi \sin 2 D \cos I \\ C_0 = \cos^2 \varphi - (\sin \varphi \sin I + \cos \varphi \cos I \cos D)^2 \\ \underline{D}_0 = a (\cos^2 \varphi \sin 2 D \sin I - \sin 2 \varphi \sin D \cos I) \\ E_0 = a [\sin 2 \varphi \cos D \cos 2 I + \sin 2 I (\sin^2 \varphi - \cos^2 \varphi \cos^2 D)] \\ F_0 = a^2 [\cos^2 \varphi - (\sin \varphi \cos I - \cos \varphi \cos D \sin I)^2] \end{cases} \quad (3)$$

avec l'équation de l'arc diurne maximal : $A_0x^2 + B_0xy + C_0y^2 + \underline{D}_0x + E_0y + F_0=0$.

Cas particuliers. En particulierisant aux horizontaux et aux verticaux déclinants :

-
- 4 On a considéré sans le dire le cas où le Soleil est au-dessus du plan de l'équateur. Dans le cas contraire, l'arc diurne minimal a pour déclinaison : $\delta_0 = \varphi - 90^\circ$. Le Soleil est alors en permanence sous l'horizon.
- 5 Pour d'autres correspondances entre les heures temporaires, italiennes, babyloniennes et angle horaire, voir : G. Ferrari, *Relazioni e formule per lo studio delle meridiane piane*, tirage à compte d'auteur, 2^e édition, Modène, 2000. En particulier la partie 4 (pages 121-144) sur les heures babyloniennes et italiennes, et §4.5.1. *Relazione frai diversi tipi di ore*, page 130.

<p><i>Cadran horizontal</i></p> $\begin{cases} A_0 = \cos^2 \varphi \\ B_0 = 0 \\ C_0 = 0 \\ D_0 = 0 \\ E_0 = a \sin 2\varphi \\ F_0 = a^2 \cos 2\varphi \end{cases}$	<p><i>Cadran vertical déclinant</i></p> $\begin{cases} A_0 = \cos^2 \varphi \cos^2 D \\ B_0 = \sin 2\varphi \sin D \\ C_0 = \cos 2\varphi \\ D_0 = a \cos^2 \varphi \sin 2D \\ E_0 = -a \sin 2\varphi \cos D \\ F_0 = a^2 \cos^2 \varphi \sin^2 D \end{cases}$
---	--

Par conséquent, dans un cadran horizontal l'arc diurne maximal est toujours un arc de parabole $\left(y = \frac{x^2}{2a \tan \varphi} - \frac{a}{\tan 2\varphi}\right)^6$. Dans un cadran vertical déclinant, l'arc diurne maximal est une portion d'hyperbole lorsque $|\tan \varphi| < |\cos D|$, une ellipse lorsque $|\tan \varphi| > |\cos D|$. On ne reproduira pas ici l'élégante recherche de la longueur des axes principaux de l'ellipse de l'arc diurne maximal qui a permis à Drecker d'établir les critères sur la nature de cet arc diurne très particulier. Pour terminer, dans un cadran vertical plein Sud, l'arc diurne maximal est une portion d'hyperbole lorsque $\varphi > 45^\circ$, et une ellipse dans le cas contraire.

2. Équation des lignes babyloniennes et italiennes

Les équations des lignes horaires babyloniennes et italiennes en projection dans le plan du cadran s'obtiennent de deux façons bien distinctes. C'est ce que l'on présente ici. La première façon, peu connue il est vrai mais qui prend pourtant sa source de la définition même de ces lignes, est de considérer la tangente au point d'intersection du cercle horaire avec l'arc diurne maximal. La deuxième façon, plus algébrique et donc plus éloignée de la définition naturelle de ces lignes, est de considérer dans le plan du cadran le lieu des points indépendants de l'heure babylonienne.

2.1 Tangentes à l'arc diurne maximal

Soit Γ la courbe de l'arc diurne de déclinaison δ , courbe implicite du plan définie par l'équation: $F(x,y)=0$ (c'est l'équation dont les coefficients sont donnés en (3)). On vérifie bien que F est une fonction de classe C^1 de \mathbb{R}^2 dans \mathbb{R} , De plus, pour tout point (x_0, y_0) du plan tel que $F(x_0, y_0) = 0$ (point régulier, et c'est ici notre point tangent à l'arc diurne) on sait que $\partial_y F(x_0, y_0) \neq 0$, et que $(x, y) \rightarrow \partial_y F(x, y)$ est continue et ne s'annule pas sur un voisinage de (x, y) . Alors, d'après le *théorème des fonctions implicites*, l'équation de la tangente en un point (x_0, y_0) de la courbe Γ a pour expression :

6 L'équation diffère légèrement de celle proposée par Drecker (cf. chapitre XII) parce que l'origine du repère n'est simplement pas la même.

$$(x-x_0)\frac{\partial F}{\partial x}(x_0, y_0)+(y-y_0)\frac{\partial F}{\partial y}(x_0, y_0)=0 \quad (4)$$

La courbe implicite du plan étant ici l'arc diurne maximal d'équation : $F(x, y) = A_0x^2 + B_0xy + C_0y^2 + D_0x + E_0y + F_0 = 0$ alors la tangente au point (x_0, y_0) aura pour équation :

$$(2A_0x_0 + B_0y_0 + D_0)x + (B_0x_0 + 2C_0y_0 + E_0)y + (D_0x_0 + E_0y_0 + 2F_0) = 0 \quad (5)$$

L'équation (5) est une expression très générale de l'équation cartésienne des lignes horaires babyloniennes. Elle est complexe en raison même de la forme des 6 coefficients de la conique de l'arc diurne maximal.

Une des principales difficultés est de déterminer les coordonnées (x_0, y_0) du point tangent à l'arc diurne maximal associé à l'heure babylonique B . Le paragraphe suivant, en plus de nous donner une autre équation des lignes babyloniennes et italiques, nous aidera à les déterminer.

2.2 Lignes babyloniennes et italiques

Proposons alors une deuxième méthode pour déterminer l'équation cartésienne de ces lignes. Prenons à nouveau le formulaire de D. Savoie (*op. cit.*) sur les coordonnées rectangulaires de l'extrémité de l'ombre d'un style droit dans un cadran solaire incliné déclinant :

$$\begin{cases} \frac{x}{a} = \frac{a_1 \sin H - a_2 \cos H + a'_3 \tan \delta}{c_1 \sin H + c_2 \cos H + c'_3 \tan \delta} \\ \frac{y}{a} = \frac{b_1 \sin H - b_2 \cos H - b'_3 \tan \delta}{c_1 \sin H + c_2 \cos H + c'_3 \tan \delta} \end{cases} \quad (6)$$

En ayant posé cette fois-ci :

$$\begin{cases} a_1 = \cos D \\ a_2 = \sin \varphi \sin D \\ a'_3 = \cos \varphi \sin D \end{cases} \quad \begin{cases} b_1 = \cos I \sin D \\ b_2 = \cos \varphi \sin I - \sin \varphi \cos I \cos D \\ b'_3 = (\sin \varphi \sin I + \cos \varphi \cos I \cos D) \end{cases}$$

$$\begin{cases} c_1 = \sin D \sin I \\ c_2 = \cos \varphi \cos I + \sin \varphi \sin I \cos D \\ c'_3 = \sin \varphi \cos I - \cos \varphi \sin I \cos D \end{cases} \quad \begin{cases} x = \frac{x}{a} \\ y = \frac{y}{a} \end{cases}$$

L'angle horaire H qui correspond à B heures babyloniennes après le lever du Soleil s'écrit :

$$H = B - H_0 \quad (7)$$

avec $\cos H_0 = -\tan \varphi \tan \delta$, et $\sin H_0 = \sqrt{1 - \tan^2 \varphi \tan^2 \delta}$, où H_0 est l'arc semi-diurne pour une déclinaison δ donnée. La substitution de l'angle horaire H dans l'expression (6), puis

l'élimination de l'angle horaire H_0 suivit d'un ensemble de manipulations algébriques (cf. *annexes mathématiques*) conduit à l'équation cartésienne d'une droite : $px+qy+r=0$ dont les coefficients ont pour expression (*formules fondamentales* (8)) :

$$\begin{cases} p = -\frac{1}{2} \sin 2\varphi \sin D (1 - \cos B) - \cos \varphi \cos D \sin B \\ q = \left(\frac{1}{2} \sin 2\varphi \cos D \cos I - \cos^2 \varphi \sin I \right) (1 - \cos B) - \cos \varphi \sin D \cos I \sin B + \sin I \\ r = a \left[\left(\frac{1}{2} \sin 2\varphi \cos D \sin I + \cos^2 \varphi \cos I \right) (1 - \cos B) - \cos \varphi \sin D \sin I \sin B - \cos I \right] \end{cases} \quad (8)$$

Il faut reconnaître que cette équation est bien plus simple que l'équation (5).

Elle a, à ma connaissance, jamais été présentée sous cette forme pour le cadran incliné déclinant (que ce soit sous la forme $px+qy+r=0$ que sous la forme (5)), ni même pour les cadrans horizontaux et verticaux, à l'exception de Drecker dans son chapitre XIII pour ces derniers (cadrans les plus courants) ; mais la forme que l'on propose ici est encore différente des équations proposées par Drecker.

En particulierisant aux horizontaux et aux verticaux déclinants, on obtient des expressions relativement plus simples :

<i>Cadran horizontal</i>	<i>Cadran vertical déclinant</i>
$\begin{cases} p = -\cos \varphi \sin B \\ q = \sin \varphi \cos \varphi (1 - \cos B) \\ r = -a \cos^2 \varphi [\tan^2 \varphi + \cos B] \end{cases}$	$\begin{cases} p = -\frac{1}{2} \sin 2\varphi \sin D (1 - \cos B) - \cos \varphi \cos D \sin B \\ q = \sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi \cos B \\ r = a \cos \varphi [\sin \varphi \cos D (1 - \cos B) - \sin D \sin B] \end{cases}$

On remarquera que la longueur a du gnomon n'agit que sur le coefficient r , c'est-à-dire sur l'intersection de la droite horaire babylonique (ou italique) avec l'axe Oy .

Remarque. Dans un cadran vertical la courbe de l'arc diurne maximal est tangente à l'horizon qui est elle-même la ligne $B=0^\circ$ (0h ; ligne des levés du Soleil). La 12e ligne horaire babylonique est parallèle à la ligne d'horizon. Dans le cas d'un cadran incliné déclinant, la ligne d'horizon (ligne $B=0^\circ$) a pour équation dans le repère choisi : $y = \frac{a}{\tan I}$.

2.3 Coordonnées du point tangent

En comparant l'équation (5) à l'équation $px+qy+r=0$, on obtient un système de Cramer d'inconnues x_0 et y_0 :

$$\begin{cases} [-r B_0 + q D_0] x_0 + [-2 r C_0 + q E_0] y_0 = r E_0 - 2 q F_0 \\ [-2 r A_0 + p D_0] x_0 + [-r B_0 + p E_0] y_0 = r D_0 - 2 p F_0 \end{cases}$$

Ce système admet en principe une unique solution (x_0, y_0) . Le point tangent à l'arc

diurne maximal de coordonnées (x_0, y_0) , est le point par où passe la B^e ligne horaire babylonique. Après résolution, on obtient (en supposant un dénominateur non nul) :

$$\begin{cases} x_0 = \frac{p(E_0^2 - 4C_0F_0) + q(2B_0F_0 - D_0E_0) + r(2C_0D_0 - B_0E_0)}{p(2C_0D_0 - B_0E_0) + q(2A_0E_0 - B_0D_0) + r(B_0^2 - 4A_0C_0)} \\ y_0 = \frac{p(2B_0F_0 - D_0E_0) + q(D_0^2 - 4A_0F_0) + r(2A_0E_0 - B_0D_0)}{p(2C_0D_0 - B_0E_0) + q(2A_0E_0 - B_0D_0) + r(B_0^2 - 4A_0C_0)} \end{cases} \quad (9)$$

Expressions complexes qui se programment très bien – on comprendra pourquoi on ne les développera pas ce cadre très général (elles font intervenir les groupes de coefficients (3) et (8)).

On peut positionner les points tangents à partir de l'angle horaire B sans avoir besoin de tracer la conique correspondant à l'arc diurne maximal, ni même de passer par les coordonnées cartésiennes du formulaire initial, ni même avoir besoin de connaître l'arc semi-diurne H_0 (et donc aussi la déclinaison du Soleil). Ceci au prix d'une certaine complexité pas du tout réjouissante.

On peut encore se demander quelle est réellement l'utilité des coordonnées du point tangent (x_0, y_0) dans la construction des lignes babyloniques et italiques ? Elles ne semblent nécessaires que dans la compréhension de leur génération – elles sont un artifice de démonstration –, et il faut bien admettre qu'elles sont inutiles dans la pratique comme on va le voir dans ce qui suit.

2.4 Tracé des lignes babyloniques – Méthode de Drecker

Partons de l'équation des lignes babyloniques et italiques mise sous la forme $px + qy + r = 0$. Cette droite coupe respectivement les axes du repère Oxy en x_1 et y_1 (fig. 1 & 2). En effet, lorsque $y=0$, l'équation précédente donne : $x_1 = \frac{-r}{p}$, et lorsque $x=0$, elle donne :

$y_1 = \frac{-r}{q}$. Le point tangent (x_0, y_0) s'avère donc totalement inutile : les points $P=(x_1; 0)$ et $Q=(0; y_1)$ suffisent pour construire dans la pratique les droites babyloniques et italiques (droites (PQ)). C'est ainsi que procède Drecker⁷.

Dans chacun des cas suivants, on obtient respectivement :

⁷ Drecker (*op. cit.*) ne donne pas systématiquement les coordonnées des points d'intersection de la ligne horaire babylonique ou italique avec les axes du repère. Elles sont données dans le cas du cadran horizontal, et étrangement, partiellement délivrées pour le cadran vertical déclinant montrant finalement la stricte restriction à l'étude mathématique des cadrans. On tente ici de combler cette lacune sur les coordonnées en l'appliquant à tout type de cadran plan, mais est-ce encore vraiment satisfaisant pour le constructeur de cadrans ? Je laisse le lecteur en rester juge et à pratiquer les formules données ici.

$$\begin{array}{l}
 \text{Cadran horizontal} \\
 \left\{ \begin{array}{l} x_1 = -a \cos \varphi \frac{\tan^2 \varphi + \cos B}{\sin B} \\ y_1 = a \frac{\tan^2 \varphi + \cos B}{\tan \varphi (1 - \cos B)} \end{array} \right. \\
 \text{Cadran vertical déclinant} \\
 \left\{ \begin{array}{l} x_1 = a \frac{\sin \varphi \cos D (1 - \cos B) - \sin D \sin B}{\sin \varphi \sin D (1 - \cos B) + \cos D \sin B} \\ y_1 = -a \cos \varphi \frac{\sin \varphi \cos D (1 - \cos B) - \sin D \sin B}{\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi \cos B} \end{array} \right. \quad (10)
 \end{array}$$

Le procédé est effectivement bien plus simple et élégant en soi : on a nul besoin, répétons-le, du formulaire initial (1). Le défaut principal de cette méthode vient de ce que l'on trace des droites sans connaître les véritables limites entre lesquelles varie la longueur de l'ombre du gnomon (la déclinaison du Soleil n'intervient pas dans le calcul). C'est très gênant pour le constructeur, car en effet, seules sont valables les parties des droites situées entre les arcs des solstices, l'ombre du gnomon ne les dépassant jamais. À contrario on peut connaître à l'avance les lignes babyloniennes et italiques qui seront utilisables et celles qui ne le seront pas sur le cadran solaire. C'est un des avantages qui semble satisfaire le plus Drecker et qui a probablement guidé ce choix pour les plans horizontaux et verticaux. Pour une restriction du tracé entre les arcs des solstices, seul le calcul des coordonnées point par point présente la meilleure méthode pour un tracé précis et rapide.

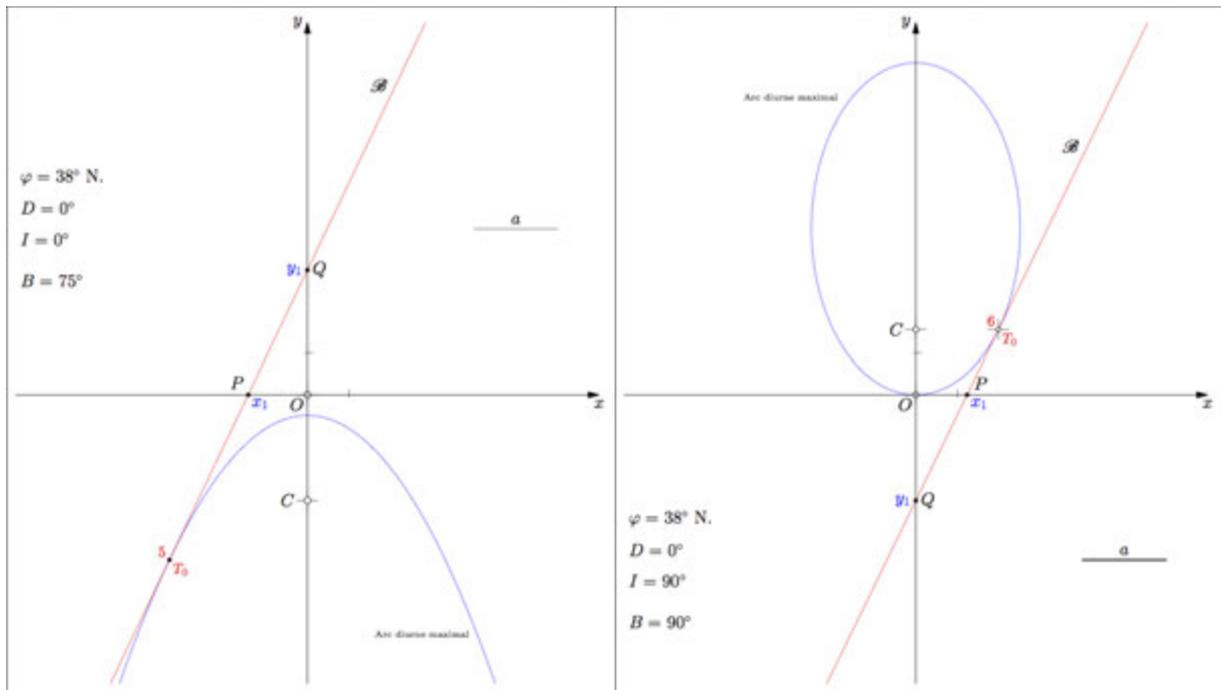


Figure 1
Cadran horizontal.
En bleu l'arc diurne maximal.

Figure 2
Cadran vertical déclinant.
En bleu l'arc diurne maximal.

2.5 Exemple numérique

Soit un cadran horizontal avec un gnomon de longueur $a = 1$ unité, en un lieu de

latitude $\phi = 43^\circ 43'$. Les lignes babyloniennes passent par les points P et Q dont les coordonnées sur les axes du repère sont listées ci-dessous⁸,

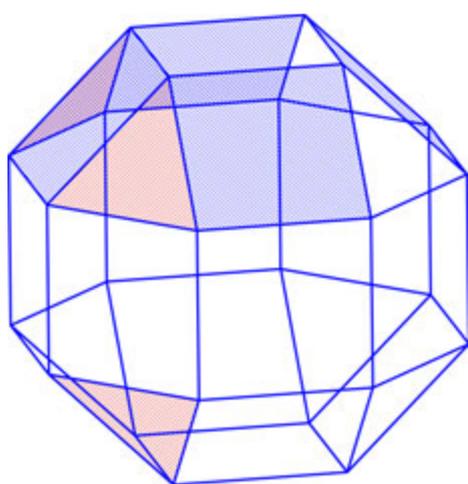
<i>Ligne babylonique</i>	P	Q
B = 15°	$x_1 = -10,50113$	$y_1 = 115,41718$
B = 30°	$x_1 = -5,14696$	$y_1 = 27,79473$
B = 45°	$x_1 = -3,31458$	$y_1 = 11,57891$
B = 60°	$x_1 = -2,36065$	$y_1 = 5,91637$

Au même endroit, dans le cas d'un vertical déclinant de 50° Est, on obtient :

<i>Ligne babylonique</i>	P	Q
B = 285	$x_1 = 0,81062$	$y_1 = 0,96875$
B = 300	$x_1 = 1,07454$	$y_1 = 0,86344$
B = 315	$x_1 = 1,35032$	$y_1 = 0,70240$
B = 330	$x_1 = 1,64920$	$y_1 = 0,50283$
B = 345	$x_1 = 1,98618$	$y_1 = 0,26952$

3. Quelques représentations des lignes babyloniennes et italiennes

Les développements précédents poussent nécessairement à représenter concrètement, pour un cadran solaire plan quelconque, l'aspect de ces lignes horaires particulières. Pour cela, on a pris le magnifique cadran polyédrique dit "Rhombicuboctaèdre", en laiton doré et acier, du célèbre constructeur d'instruments Michel Coignet⁹ (Anvers, 1590).



(a)



(b)

Figure 3 – Rhombicuboctaèdre – Représentation en 3D.

⁸ Les décimales sont volontairement superflues et ne servent qu'à des fins de contrôle.

⁹ Dominique & Éric Delalande, *Cadrans Solaires -- Exposition du 17-XII-2013 au 19-I-2014 --*, Paris, 2013. On consultera notamment les superbes planches du cadran de Michel Coignet, pages 70 à 81. Galeries Delalande, Louvre des antiquaires, 2 place du Palais Royal, 75 001 – Paris.

On se contentera de représenter sept cadrans inclinés déclinants¹⁰ : deux triangles supérieurs, un triangle inférieur, et les quatre carrés supérieurs (*cf.* fig. 3a ; les cadrans qui ont été choisis sont ceux dont les faces sont hachurées). Le tableau ci-après résume les caractéristiques gnomoniques des cadrans dont on a choisi de représenter le réseau intégral des lignes babyloniennes et italiques¹¹ sans se soucier de leur réelle exploitation par le style droit (dont le pied est matérialisé sur chaque figure).

On complétera le tracé par :

- les points tangents à l'arc diurne maximal (mauve) de déclinaison $\delta = 90^\circ - \varphi$;
- les arcs des solstices et des équinoxes (bleu) ;
- en trait fort et de couleur les babyloniennes (rouge) et italiques (vert) comprises entre les deux solstices et la ligne d'horizon lorsque cela a lieu ;
- le centre du repère (pied du style droit) et le centre du cadran (là où passerait le style polaire).

Le comptage des lignes babyloniennes et italiques s'effectue très simplement depuis l'horizon où B=0h (et aussi I=24h). Rappelons que la ligne B=12h ou encore l'italique I=12h, coupe la ligne d'horizon et la ligne équinoxiale (lorsqu'elle existe) en un même et seul point.

<i>Latitude : $\varphi = 51^\circ 13'$ – gnomon : $a = 2$</i>			
<i>Cadran</i>	<i>n° figure</i>	<i>Déclinaison</i>	<i>Inclinaison</i>
Triangle supérieur Sud-Ouest	Figure 4	45°	54° 44' 08.2"
Triangle supérieur Nord-Ouest	Figure 5	135°	54° 44' 08.2"
Triangle inférieur Sud-Ouest	Figure 6	45°	125° 15' 51.8"
Carré supérieur Sud	Figure 7	0°	45°
Carré supérieur Ouest	Figure 8	90°	45°
Carré supérieur Nord	Figure 9	180°	45° ⁽¹²⁾
Carré supérieur Est	Figure 10	-90°	45°

Deux cadrans sur les faces supérieures triangulaires :

10 Ce cadran polyédrique comporte un total de 25 cadrans finement gravés. Exceptionnelle pièce d'art.

11 Le réseau horaire qui n'est pas nécessairement le même que celui des cadrans originaux.

12 Ce cadran n'est pas équatorial à cette latitude comme cela est indiqué dans l'ouvrage descriptif de Delalande (*op. cit.*). On a pris ici une longueur arbitraire du gnomon, à défaut de connaître les vraies longueurs de chaque gnomon. On peut d'ailleurs regretter quelques absences de précision dans les descriptifs des différents cadrans.

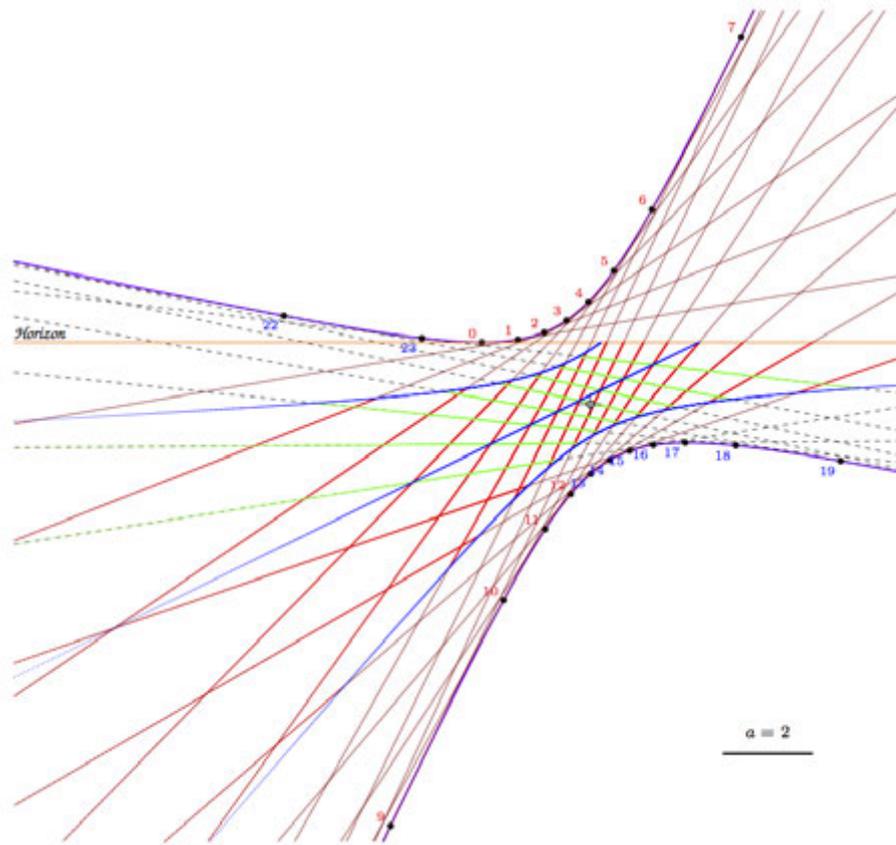


Figure 4 – Cadran Sud-Ouest de la face triangulaire supérieure.

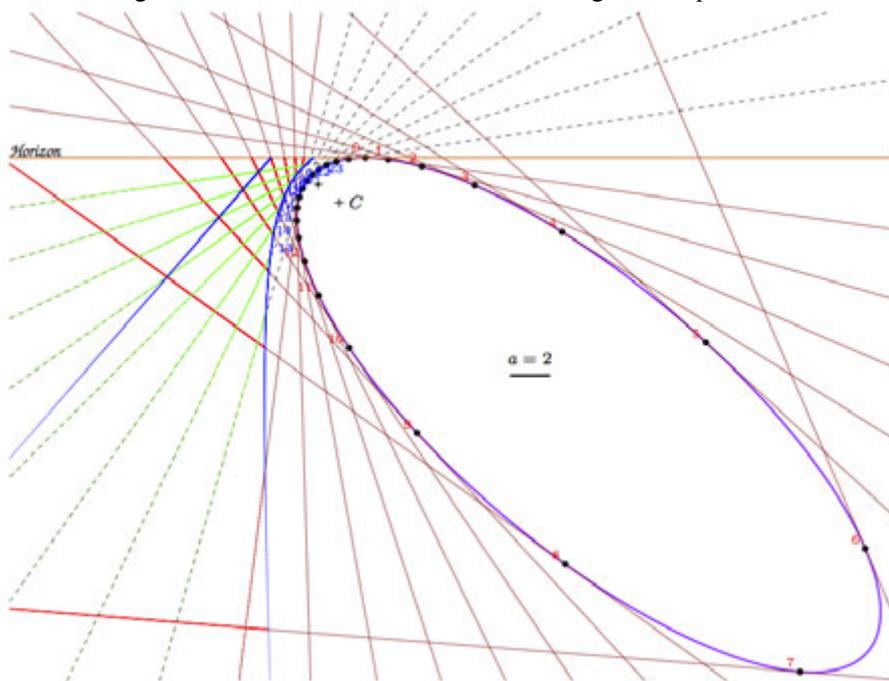


Figure 5 – Cadran Nord-Ouest de la face triangulaire supérieure.

Un cadran sur la face inférieure triangulaire.

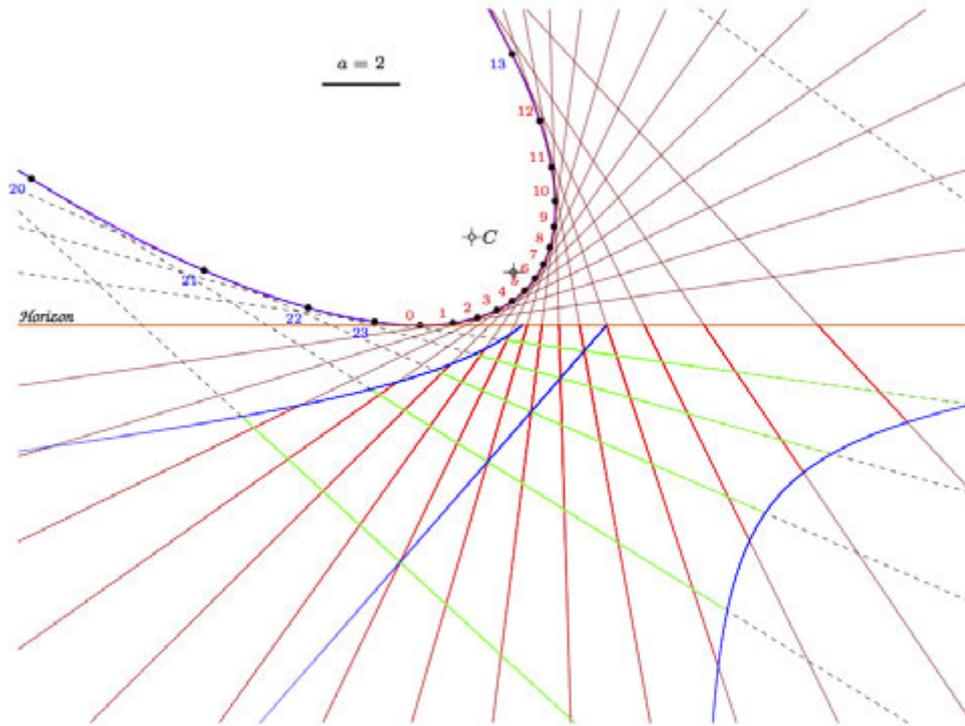


Figure 6 – Cadran Sud-Ouest de la face triangulaire inférieure

Quatre cadrans sur les faces supérieures carrées :

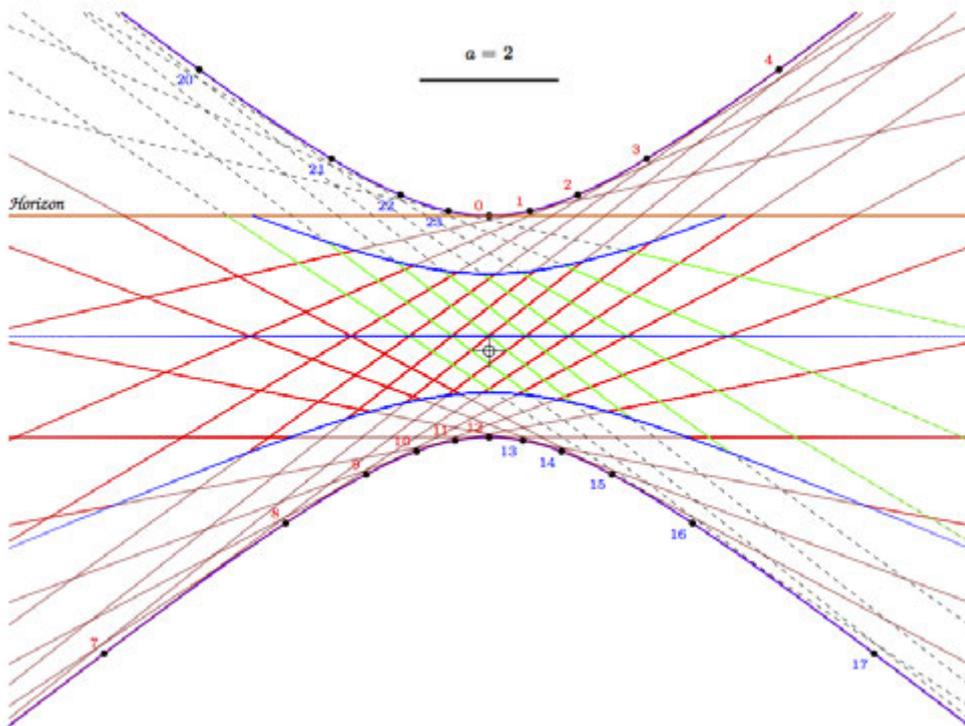


Figure 7 – Cadran Sud de la face carrée supérieure.

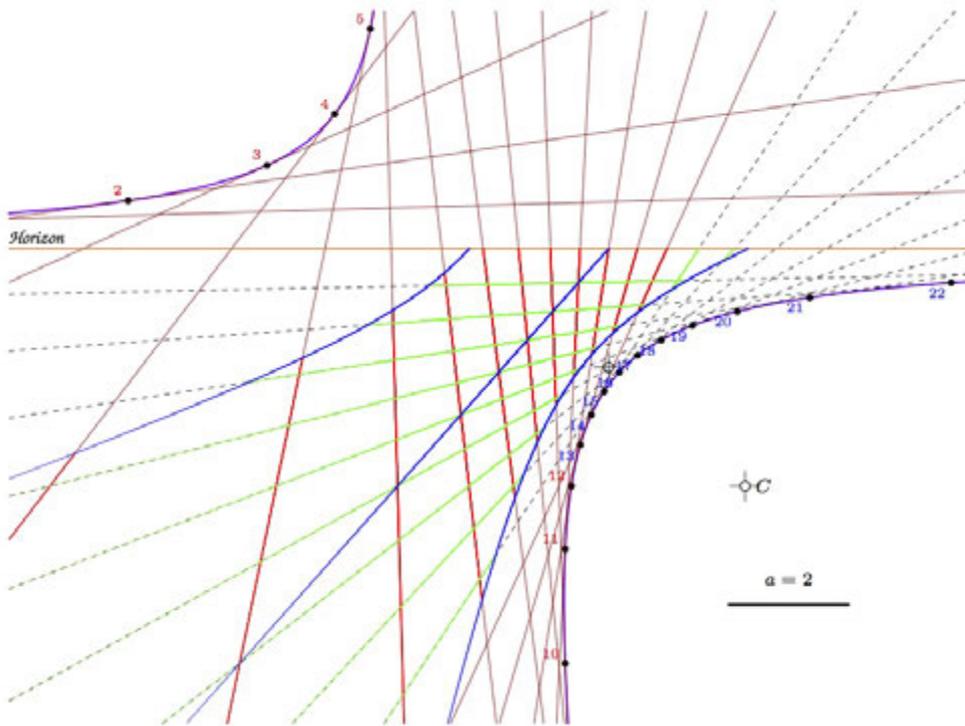


Figure 8 – Cadran Ouest de la face carrée supérieure.

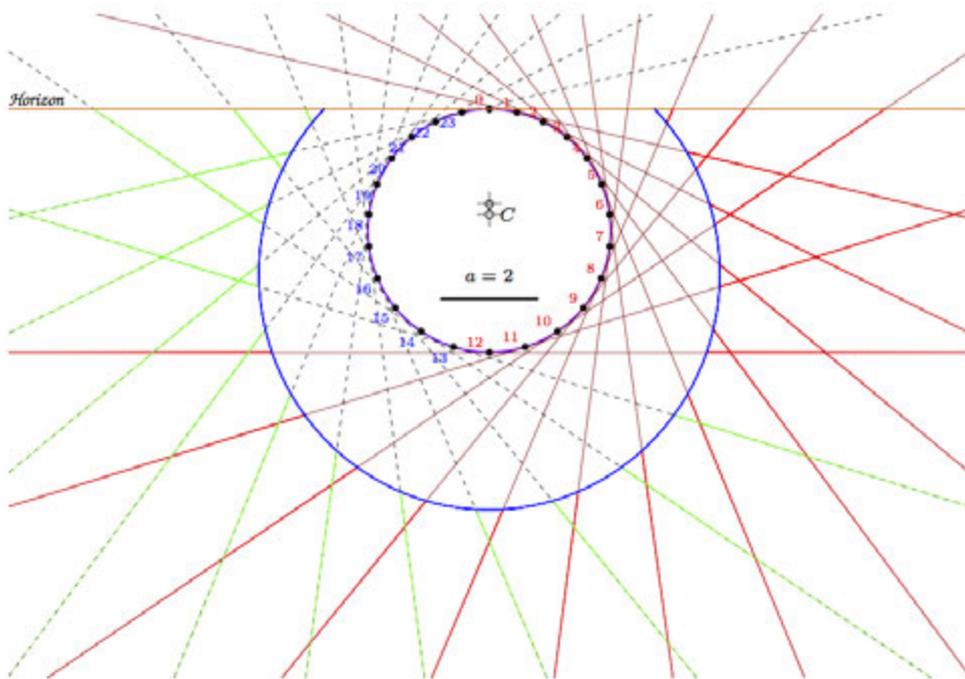


Figure 9 – Cadran Nord de la face carrée supérieure.

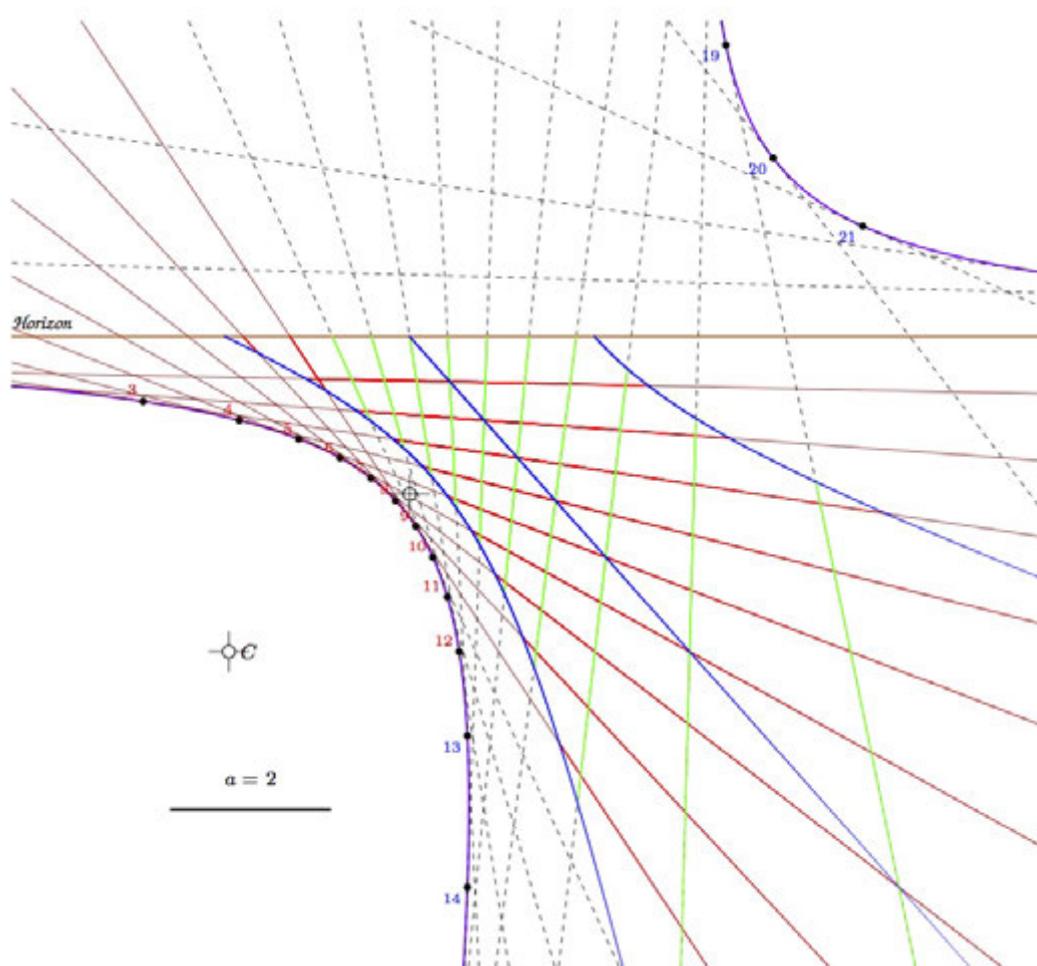


Figure 10 – Cadran Est de la face carrée supérieure.

ANNEXES MATHÉMATIQUES

A. Équation des arcs diurnes dans un cadran solaire incliné déclinant

Démonstration (sans outils de calcul formel). Prenons le formulaire de D. Savoie (*op. cit.*) sur les coordonnées rectangulaires de l'extrémité de l'ombre d'un style droit dans un cadran solaire à plan incliné déclinant. Dans le système d'axes orthogonaux considéré Oxy dont l'origine est le pied du style avec l'axe des x orienté vers la droite (lorsqu'on regarde le cadran) et l'axe des y orienté le long de la ligne de plus grande pente et vers le haut, il est établi que :

$$\begin{cases} \frac{x}{a} = \frac{\cos D \sin H - \sin \phi \sin D \cos H + \cos \phi \sin D \tan \delta}{\sin D \sin I \sin H + (\cos \phi \cos I + \sin \phi \sin I \cos D) \cos H + (\sin \phi \cos I - \cos \phi - \sin I \cos D) \tan \delta} \\ \frac{y}{a} = \frac{\cos I \sin D \sin H - (\cos \phi \sin I - \sin \phi \cos I \cos D) \cos H - \tan \delta (\sin \phi \sin I + \cos \phi \cos I \cos D)}{\sin D \sin I \sin H + (\cos \phi \cos I + \sin \phi \sin I \cos D) \cos H + (\sin \phi \cos I - \cos \phi \sin I \cos D) \tan \delta} \end{cases} \quad (11)$$

Et dans lesquelles D est la déclinaison gnomonique, I est la distance zénithale de la normal au plan, φ est la latitude du lieu ou est établi le cadran, et enfin $(H ; \delta)$ sont les coordonnées horaires locales du Soleil.

Proposons les substitutions suivantes :

$$\begin{cases} a_1 = \cos D \\ a_2 = \sin \phi \sin D \\ a_3 = \cos \phi \sin D \tan \delta \end{cases} \quad \begin{cases} b_1 = \cos I \sin D \\ b_2 = \cos \phi \sin I - \sin \phi \cos I \cos D \\ b_3 = (\sin \phi \sin I + \cos \phi \cos I \cos D) \tan \delta \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} c_1 = \sin D \sin I \\ c_2 = \cos \phi \cos I + \sin \phi \sin I \cos D \\ c_3 = (\sin \phi \cos I - \cos \phi \sin I \cos D) \tan \delta \end{cases} \quad \begin{cases} x = \frac{x}{a} \\ y = \frac{y}{a} \end{cases} \quad (13)$$

Alors (11) s'écrit plus simplement :

$$\begin{cases} x = \frac{a_1 \sin H - a_2 \cos H + a_3}{c_1 \sin H + c_2 \cos H + c_3} \\ y = \frac{b_1 \sin H - b_2 \cos H - b_3}{c_1 \sin H + c_2 \cos H + c_3} \end{cases}$$

Exprimons ce système d'équations en un système ayant respectivement pour inconnues $\sin H$ et $\cos H$ (le dénominateur ne doit pas être nul) :

$$\begin{cases} (c_1 x - a_1) \sin H + (c_2 x + a_2) \cos H = a_3 - c_3 x \\ (c_1 y - b_1) \sin H + (c_2 y + b_2) \cos H = -(b_3 + c_3 y) \end{cases}$$

C'est un système de Cramer. On détermine très facilement les deux inconnues en fonction des coefficients a_i , b_i et c_i (avec $i = 1, 2, 3$) et des variables x et y , à la condition expresse que $(c_1 x - a_1)(c_2 y + b_2) - (c_1 y - b_1)(c_2 x + a_2) \neq 0$. On a donc :

$$\begin{cases} \sin H = \frac{(a_3 - c_3 x)(c_2 y + b_2) + (c_2 x + a_2)(c_3 y + b_3)}{(c_1 x - a_1)(c_2 y + b_2) - (c_1 y - b_1)(c_2 x + a_2)} \\ \cos H = -\frac{(c_1 x - a_1)(c_3 y + b_3) + (a_3 - c_3 x)(c_1 y - b_1)}{(c_1 x - a_1)(c_2 y + b_2) - (c_1 y - b_1)(c_2 x + a_2)} \end{cases}$$

En appliquant la relation trigonométrique $\cos^2 H + \sin^2 H = 1$, on élimine l'angle horaire H et on forme une équation du second degré qui est l'équation de l'arc diurne de déclinaison δ . On a tout d'abord :

$$\begin{aligned} & \left[(a_3 - c_3 x)(c_2 y + b_2) + (c_2 x + a_2)(c_3 y + b_3) \right]^2 \\ & + \left[(c_1 x - a_1)(c_3 y + b_3) + (a_3 - c_3 x)(c_1 y - b_1) \right]^2 \\ & - \left[(c_1 x - a_1)(c_2 y + b_2) - (c_1 y - b_1)(c_2 x + a_2) \right]^2 = 0 \end{aligned}$$

En réorganisant le contenu de chaque crochet, on obtient, avant développement des carrés :

$$\begin{aligned} & \left[-(b_2c_3 - b_3c_2)x + (a_2c_3 + a_3c_2)y + a_2b_3 + a_3b_2 \right]^2 \\ & + \left[(b_1c_3 + b_3c_1)x - (a_1c_3 - a_3c_1)y - (a_1b_3 + a_3b_1) \right]^2 \\ & - \left[(b_1c_2 + b_2c_1)x - (a_1c_2 + a_2c_1)y - (a_1b_2 - a_2b_1) \right]^2 = 0 \end{aligned}$$

Ensuite, le développement de chaque terme carré puis le regroupement selon les degrés des x et des y conduit à une équation cartésienne du second degré :

$$\begin{aligned} & x^2 \left[(b_2c_3 - b_3c_2)^2 + (b_1c_3 + b_3c_1)^2 - (b_1c_2 + b_2c_1)^2 \right] \\ & + 2xy \left[-(b_2c_3 - b_3c_2)(a_2c_3 + a_3c_2) - (b_1c_3 + b_3c_1)(a_1c_3 - a_3c_1) + (b_1c_2 + b_2c_1)(a_1c_2 + a_2c_1) \right] \\ & + y^2 \left[(a_2c_3 + a_3c_2)^2 + (a_1c_3 - a_3c_1)^2 - (a_1c_2 + a_2c_1)^2 \right] \\ & + 2x \left[-(b_2c_3 - b_3c_2)(a_2b_3 + a_3b_2) - (b_1c_3 + b_3c_1)(a_1b_3 + a_3b_1) + (b_1c_2 + b_2c_1)(a_1b_2 - a_2b_1) \right] \\ & + 2y \left[(a_2c_3 + a_3c_2)(a_2b_3 + a_3b_2) + (a_1c_3 - a_3c_1)(a_1b_3 + a_3b_1) - (a_1c_2 + a_2c_1)(a_1b_2 - a_2b_1) \right] \\ & + (a_2b_3 + a_3b_2)^2 + (a_1b_3 + a_3b_1)^2 - (a_1b_2 - a_2b_1)^2 = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Posons respectivement A , B , C , D , E et F , les six coefficients de la conique (14). L'équation de l'arc diurne se présente sous la forme $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + \underline{D}x + Ey + F = 0$. Par identification des coefficients, on obtient :

$$\begin{cases} A = (b_1c_3 + b_3c_1)^2 + (b_2c_3 - b_3c_2)^2 - (b_1c_2 + b_2c_1)^2 \\ B = 2 \left[(a_1c_2 + a_2c_1)(b_1c_2 + b_2c_1) - (a_1c_3 - a_3c_1)(b_1c_3 + b_3c_1) - (a_2c_3 + a_3c_2)(b_2c_3 - b_3c_2) \right] \\ C = (a_1c_3 - a_3c_1)^2 + (a_2c_3 + a_3c_2)^2 - (a_1c_2 + a_2c_1)^2 \\ D = 2 \left[(a_1b_2 - a_2b_1)(b_1c_2 + b_2c_1) - (a_1b_3 + a_3b_1)(b_1c_3 + b_3c_1) - (a_2b_3 + a_3b_2)(b_2c_3 - b_3c_2) \right] \\ E = 2 \left[(a_1b_3 + a_3b_1)(a_1c_3 - a_3c_1) + (a_2b_3 + a_3b_2)(a_2c_3 + a_3c_2) - (a_1b_2 - a_2b_1)(a_1c_2 + a_2c_1) \right] \\ F = (a_1b_3 + a_3b_1)^2 + (a_2b_3 + a_3b_2)^2 - (a_1b_2 - a_2b_1)^2 \end{cases} \quad (15)$$

La réduction des 9 termes intervenant dans les coefficients de la conique donne, à partir des substitués (12) et (13), les facteurs suivants :

$$\begin{cases} a_1b_2 - a_2b_1 = \cos \phi \cos D \sin I - \sin \phi \cos I \\ a_1b_3 + a_3b_1 = (\sin \phi \cos D \sin I + \cos \phi \cos I) \tan \delta \\ a_1c_2 + a_2c_1 = \cos \phi \cos D \cos I + \sin \phi \sin I \\ a_1c_3 - a_3c_1 = (\sin \phi \cos D \cos I - \cos \phi \sin I) \tan \delta \\ a_2b_3 + a_3b_2 = \sin D \sin I \tan \delta \\ a_2c_3 + a_3c_2 = \sin D \cos I \tan \delta \\ b_1c_2 + b_2c_1 = \cos \phi \sin D \\ b_1c_3 + b_3c_1 = \sin \phi \sin D \tan \delta \\ b_2c_3 - b_3c_2 = -\cos D \tan \delta \end{cases} \quad (16)$$

Après développement et réduction (y compris la simplification par $1/\cos^2 \delta$ et la réintroduction de la longueur a du style droit), les six coefficients de la conique $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + \underline{D}x + Ey + F = 0$ de l'arc diurne de déclinaison δ ont pour expression définitive :

$$\begin{cases} A = \sin^2 \delta - \cos^2 \phi \sin^2 D \\ B = \sin 2 \phi \sin D \sin I + \cos^2 \phi \sin 2 D \cos I \\ C = \sin^2 \delta - (\sin \phi \sin I + \cos \phi \cos I \cos D)^2 \\ D = a (\cos^2 \phi \sin 2 D \sin I - \sin 2 \phi \sin D \cos I) \\ E = a [\sin 2 \phi \cos D \cos 2 I + \sin 2 I (\sin^2 \phi - \cos^2 \phi \cos^2 D)] \\ F = a^2 [\sin^2 \delta - (\sin \phi \cos I - \cos \phi \cos D \sin I)^2] \end{cases} \quad (17)$$

□

B. Équation des lignes horaires babyloniennes et italiennes

Démonstration (sans outils de calcul formel). Prenons à nouveau le formulaire de D. Savoie (*op. cit.*) sur les coordonnées rectangulaires de l'extrémité de l'ombre d'un style droit dans un cadran solaire incliné déclinant :

$$\begin{cases} \frac{x}{a} = \frac{a_1 \sin H - a_2 \cos H + a'_3 \tan \delta}{c_1 \sin H + c_2 \cos H + c'_3 \tan \delta} \\ \frac{y}{a} = \frac{b_1 \sin H - b_2 \cos H - b'_3 \tan \delta}{c_1 \sin H + c_2 \cos H + c'_3 \tan \delta} \end{cases} \quad (18)$$

En ayant posé cette fois-ci :

$$\begin{cases} a_1 = \cos D & b_1 = \cos I \sin D \\ a_2 = \sin \phi \sin D & b_2 = \cos \phi \sin I - \sin \phi \cos I \cos D \\ a'_3 = \cos \phi \sin D & b'_3 = (\sin \phi \sin I + \cos \phi \cos I \cos D) \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} c_1 = \sin D \sin I & \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{x}{a} \\ y = \frac{y}{a} \end{array} \right. \\ c_2 = \cos \phi \cos I + \sin \phi \sin I \cos D \\ c'_3 = \sin \phi \cos I - \cos \phi \sin I \cos D \end{cases} \quad (20)$$

L'angle horaire H qui correspond à B heures babyloniennes après le lever du Soleil s'écrit :

$$H = B - H_0 \quad (21)$$

avec $\cos H_0 = -\tan \phi \tan \delta$, et $\sin H_0 = \sqrt{1 - \tan^2 \phi \tan^2 \delta}$, où H_0 est l'arc semi-diurne pour une déclinaison δ donnée. En substituant alors l'angle horaire H dans l'expression (6), on obtient :

$$\begin{cases} \frac{x}{a} = \frac{a_1 \sin (B - H_0) - b_2 \cos (B - H_0) + a'_3 \tan \delta}{c_1 \sin (B - H_0) + c_2 \cos (B - H_0) + c'_3 \tan \delta} \\ \frac{y}{a} = \frac{b_1 \sin (B - H_0) - b_2 \cos (B - H_0) - b'_3 \tan \delta}{c_1 \sin (B - H_0) + c_2 \cos (B - H_0) + c'_3 \tan \delta} \end{cases}$$

En utilisant les formules de différence des arcs et après factorisation on a :

$$\begin{cases} \frac{x}{a} = \frac{(-a_1 \sin B \tan \phi + a_2 \cos B \tan \phi + a'_3) \tan \delta - (a_1 \cos B + a_2 \sin B) \sqrt{1 - \tan^2 \phi \tan^2 \delta}}{(-c_1 \sin B \tan \phi - c_2 \cos B \tan \phi + c'_3) \tan \delta + (-c_1 \cos B + c_2 \sin B) \sqrt{1 - \tan^2 \phi \tan^2 \delta}} \\ \frac{y}{a} = \frac{(-b_1 \sin B \tan \phi + b_2 \cos B \tan \phi - b'_3) \tan \delta - (b_1 \cos B + b_2 \sin B) \sqrt{1 - \tan^2 \phi \tan^2 \delta}}{(-c_1 \sin B \tan \phi - c_2 \cos B \tan \phi + c'_3) \tan \delta + (-c_1 \cos B + c_2 \sin B) \sqrt{1 - \tan^2 \phi \tan^2 \delta}} \end{cases}$$

En simplifiant par $\tan \delta$, puis en posant $Z = \frac{\sqrt{1 - \tan^2 \phi \tan^2 \delta}}{\tan \delta}$ et en considérant ensuite les coefficients p_i, q_i ($i = 1, 2, 3$) :

$$\begin{cases} p_1 = -a_1 \sin \phi \sin B + a_2 \sin \phi \cos B + a'_3 \cos \phi \\ q_1 = a_1 \cos \phi \cos B + a_2 \cos \phi \sin B \end{cases} \quad (22)$$

$$\begin{cases} p_2 = -b_1 \sin \phi \sin B + b_2 \sin \phi \cos B - b'_3 \cos \phi \\ q_2 = b_1 \cos \phi \cos B + b_2 \cos \phi \sin B \end{cases} \quad (23)$$

$$\begin{cases} p_3 = -c_1 \sin \phi \sin B - c_2 \sin \phi \cos B + c'_3 \cos \phi \\ q_3 = -c_1 \cos \phi \cos B + c_2 \cos \phi \sin B \end{cases} \quad (24)$$

on parvient finalement à écrire des expressions rationnelles assez simples :

$$\begin{cases} \frac{x}{a} = \frac{p_1 - q_1 Z}{p_3 + q_3 Z} \\ \frac{y}{a} = \frac{p_2 - q_2 Z}{p_3 + q_3 Z} \end{cases} \quad (25)$$

En isolant maintenant Z dans chaque équation, on a :

$$\begin{cases} Z = \frac{a p_1 - p_3 x}{a q_1 + q_3 x} \\ Z = \frac{a p_2 - p_3 y}{a q_2 + q_3 y} \end{cases} \quad (26)$$

Par égalité des Z , et après avoir chassé les dénominateurs puis effectué une succession de manipulations algébriques, on obtient (27), équation cartésienne d'une droite.

$$(p_3 q_2 + p_2 q_3) x - (p_1 q_3 + p_3 q_1) y + a p_2 q_1 - a p_1 q_2 = 0 \quad (27)$$

Notons p, q , et r les paramètres de cette droite :

$$\begin{cases} p = p_3 q_2 + p_2 q_3 \\ q = -p_1 q_3 - p_3 q_1 \\ r = a(p_2 q_1 - p_1 q_2) \end{cases} \quad \text{Avec} \quad p x + q y + r = 0$$

Et tout calcul fait à partir de (19), (20), (22), (23) et (24), on a finalement :

$$\begin{cases} p = -\frac{1}{2} \sin 2\phi \sin D (1 - \cos B) - \cos \phi \cos D \sin B \\ q = \left(\frac{1}{2} \sin 2\phi \cos D \cos I - \cos^2 \phi \sin I \right) (1 - \cos B) - \cos \phi \sin D \cos I \sin B + \sin I \\ r = a \left[\left(\frac{1}{2} \sin 2\phi \cos D \sin I + \cos^2 \phi \cos I \right) (1 - \cos B) - \cos \phi \sin D \sin I \sin B - \cos I \right] \end{cases} \quad (28)$$

□

C. Coordonnées du point tangent T_0 à l'arc diurne maximal

Démonstration. (sans outils de calcul formel). Reprenons les équations d'une B^e ligne babylonique : les équations (5) et (8).

$$(2A_0x_0 + B_0y_0 + D_0)x + (B_0x_0 + 2C_0y_0 + E_0)y + (D_0x_0 + E_0y_0 + 2F_0) = 0 \quad (29)$$

$$px + qy + r = 0 \quad (30)$$

Dans l'équation (29), faisons $x=0$: cela donne $(B_0x_0 + 2C_0y_0 + E_0)y + (D_0x_0 + E_0y_0 + 2F_0) = 0$.

L'équation (30) donne quand à elle : $y = -r/q$. Par conséquent on a :

$$(B_0x_0 + 2C_0y_0 + E_0) \times \left(\frac{-r}{q} \right) + D_0x_0 + E_0y_0 + 2F_0 = 0$$

C'est-à-dire :

$$\begin{aligned} -B_0x_0 \frac{r}{q} - 2C_0y_0 \frac{r}{q} - E_0 \frac{r}{q} + D_0x_0 + E_0y_0 + 2F_0 &= 0 \\ x_0[qD_0 - rB_0] + y_0[qE_0 - 2rC_0] &= rE_0 - 2qF_0 \end{aligned} \quad (31)$$

Mais, de plus, si l'on fait $y=0$ dans l'équation (29), cela donne :

$(2A_0x_0 + B_0y_0 + D_0)x + (D_0x_0 + E_0y_0 + 2F_0) = 0$. L'équation (30) donne quand à elle : $x = -r/p$. Par conséquent on a :

$$\begin{aligned}
 & (2A_0x_0 + B_0y_0 + D_0) \times \left(\frac{-r}{p}\right) + D_0x_0 + E_0y_0 + 2F_0 = 0 \\
 & x_0 \left(\frac{-2A_0r}{p}\right) + y_0 \left(\frac{-rB_0}{p}\right) - \frac{rD_0}{p} + D_0x_0 + E_0y_0 + 2F_0 = 0 \\
 & x_0[-2A_0r + pD_0] + y_0[-rB_0 + pE_0] = rD_0 - 2pF_0
 \end{aligned} \tag{32}$$

Si l'on regroupe maintenant les équations (31) et (32), on obtient un système de Cramer en les inconnues x_0 et y_0 . Système qui n'admet qu'une seule solution, le couple de coordonnées $(x_0; y_0)$ associé au point tangent T_0 sur l'arc diurne maximal. Ce système s'écrit :

$$\begin{cases} [qD_0 - rB_0]x_0 + [qE_0 - 2rC_0]y_0 = rE_0 - 2qF_0 \\ [pD_0 - 2rA_0]x_0 + [pE_0 - rB_0]y_0 = rD_0 - 2pF_0 \end{cases}$$

Et par conséquent :

$$\begin{cases} x_0 = \frac{(rE_0 - 2qF_0)(pE_0 - rB_0) - (rD_0 - 2pF_0)(qE_0 - 2rC_0)}{(qD_0 - rB_0)(pE_0 - rB_0) - (pD_0 - 2rA_0)(qE_0 - 2rC_0)} \\ y_0 = \frac{(qD_0 - rB_0)(rD_0 - 2pF_0) - (pD_0 - 2rA_0)(rE_0 - 2qF_0)}{(qD_0 - rB_0)(pE_0 - rB_0) - (pD_0 - 2rA_0)(qE_0 - 2rC_0)} \end{cases} \tag{33}$$

Après développement et simplifications, on obtient les coordonnées du point tangent T_0 :

$$\begin{cases} x_0 = \frac{p(E_0^2 - 4C_0F_0) + q(2B_0F_0 - D_0E_0) + r(2C_0D_0 - B_0E_0)}{p(2C_0D_0 - B_0E_0) + q(2A_0E_0 - B_0D_0) + r(B_0^2 - 4A_0C_0)} \\ y_0 = \frac{p(2B_0F_0 - D_0E_0) + q(D_0^2 - 4A_0F_0) + r(2A_0E_0 - B_0D_0)}{p(2C_0D_0 - B_0E_0) + q(2A_0E_0 - B_0D_0) + r(B_0^2 - 4A_0C_0)} \end{cases} \tag{34}$$





Cadrans de la Grande Mosquée al-Zaytûna

Fathi Jarray & Eric Mercier

A l'époque de sa création, au début du XVIIe, l'ensemble gnomonique (inédit) de la Mosquée al-Zaytûna à Tunis était très novateur à l'échelle du monde arabe : il contient (1) le plus ancien cadran polaire fixe, et (2) le seul cadran équatorial fixe. Par rapport aux cadrans tunisiens, on y trouve : (3) la plus ancienne représentation préservée des heures égales, (4) la plus ancienne représentation d'une Qibla conforme au calcul scientifique, (5) le premier essai de calendrier solaire, (6) les plus anciennes courbes d'annonce anticipée de prières (incluant certaines prières nocturnes). Cet ensemble constitue donc un monument exceptionnel, de très grande importance historique.

I Introduction

La principale Mosquée de Tunis, la Mosquée al-Zaytûna, ou Zitouna¹, accueille un ensemble de cadrans solaires du début du XVIIe siècle, inédit et tout à fait exceptionnel. Il contient notamment le plus ancien cadran polaire fixe du monde arabe et son seul cadran équatorial fixe. Par ailleurs, cet ensemble introduit plusieurs innovations importantes absentes jusque-là sur les cadrans de Tunisie et du Maghreb (heures égales ; qibla établie scientifiquement ; calendrier solaire ; courbes d'annonce de prières, dont des prières nocturnes). Après avoir présenté rapidement l'histoire et l'importance de la mosquée al-Zaytûna dans la vie intellectuelle de l'Occident musulman depuis le haut moyen âge, nous décrirons les deux blocs de marbre sur lesquels sont gravés les trois cadrans solaires, et nous donnerons quelques éléments sur l'auteur du bloc le plus original.

II La Grande mosquée al-Zaytûna²

Sans rentrer dans la polémique relative à la date de sa fondation, de toute façon antérieure au milieu du VIIIe siècle ap. J.C, la grande mosquée al-Zaytûna reste l'un des plus majestueux édifices religieux médiévaux de la Tunisie. Occupant le centre de la ville de Tunis et entouré des souks et de divers édifices d'utilité publique (Fig.1), ce monument est un symbole du malékisme. Malgré l'introduction du rite hanafite à partir de la fin du XVIe siècle, il a gardé sa valeur emblématique au cœur de la ville de Tunis, et ce, malgré la fondation de plusieurs autres mosquées durant les époques médiévale et moderne.

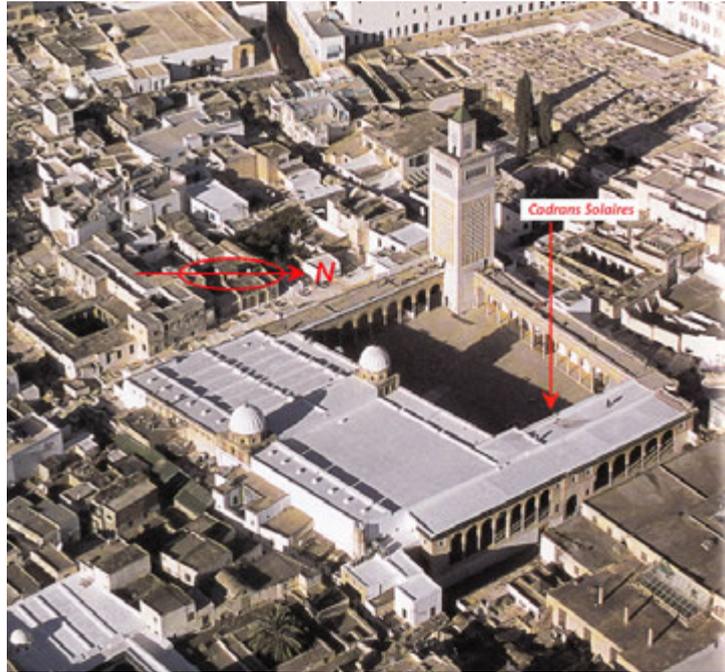
Le nom de cette mosquée est lié à la plus célèbre et ancienne Université de l'Ifriqiya: l'Université al-Zaytûna dont la réputation a gagné tout le monde musulman.

¹. Les transcriptions de l'écriture arabe sont fluctuantes selon les auteurs.

². Sur ce monument, voir: Marçais (G.), *L'architecture musulmane d'Occident*, Paris, 1954 ; Golvin (Lucien), *Essai sur l'architecture religieuse musulmane*, vol. III, Paris, 1974 ; Ben Achour (Mohammed Aziz), *Jâmi' al-Zaytûna, al-ma'lamu wa rijâluhu*, CERES production, Tunis, 1991 ; Daoulatli (Abdelaziz), *al-Zaytûna, Ashrat qurûn mina al-fann al-mi'mârî al-tûnisî*, Tunis, 1996 et Mahfoudh (F.), *Architecture et urbanisme en Ifriqiya médiévale ; proposition pour une nouvelle approche*, 2003, p. 173-184.

Cette Université était installée dans les murs de la mosquée, et la Tunisie lui doit une grande partie de son élite intellectuelle depuis le haut moyen âge.

Fig. 1: Vue aérienne de la Mosquée al-Zaytûna et localisation de l'ensemble gnomonique. ►



Depuis l'époque médiévale tardive et durant la domination des Ottomans, cette fonction d'enseignement fût renforcée par la construction de plusieurs madrasas³ entourant cet édifice (madrasa al-Shammâ'iyya de l'époque hafside, madrasa d'al-Murâdiyya ou madrasas de

l'époque husaynîte : al-Nakhla, al-Bâshiyya et al-Slîmaniyya...).

A l'instar de toutes les mosquées de l'Islam, celle d'al-Zaytûna avait son personnel régulier avec : des simples agents de maintenance et de surveillance, comme les *waqqâd-s* (allumeurs des lampes à huile) ; et du personnel aux compétences et aux tâches relatives aux prières et aux activités pieuses, tels les muezzins, les *muwaqqit-s* (gnomonistes), les *qurrâ-s* (lecteurs), *waqîl al-ahbâs* (gérant des fondations pieuses), *mudarris* (instituteurs)... Les fonctions suprêmes, à savoir la fonction d'imâm des cinq prières et celui du prêche du vendredi, ont été pendant longtemps un sujet de rivalité entre les grandes familles tunisoises.

De plan rectangulaire irrégulier, la mosquée al-Zaytûna est constituée de deux espaces architecturaux : (1) une salle de prières, composée de 15 nefes et 7 travées, qui occupe presque la moitié Sud de l'édifice et qui, outre la coupole surmontant le mihrab, est couverte en bois posé sur des arcs et des colonnes majoritairement récupérés des sites antiques; (2) et un patio qui s'étale sur le reste de l'espace. Celui-ci est entouré de portique avec une coupole au-dessus de la porte axiale amenant à la salle des prières, et est flanqué du minaret situé dans l'angle Nord-Ouest. La cour abrite quelques réservoirs d'eau, et l'ensemble gnomonique, sujet de cet article.

Cette mosquée, et compte-tenu de son importance historique, a connu plusieurs adjonctions et interventions, et on peut dire que toutes les dynasties et les gouverneurs, depuis sa fondation jusqu'à l'époque contemporaine, y ont laissé leur marque. De toutes les interventions menées à l'époque ottomane, celles du XVIIe siècle sont les plus importantes avec, notamment, l'ajout de la galerie orientale extérieure, la construction du minaret *muradite*, la restauration de la coupole du mihrâb, la rénovation des plafonds etc.

³ La madrasa ou médersa, est le terme arabe désignant une école... Ce terme peut aussi désigner spécifiquement une université théologique musulmane, ce qui est le cas ici.

C'est à cette époque que le monument fut doté d'un ensemble gnomonique très original composé de trois cadrans solaires gravés sur deux blocs de marbre (Fig. 2).

Fig. 2 : Vue des cadrans solaires, à gauche (Sud) la plaque du cadran horizontal et à droite le prisme des cadrans polaire et équatorial. ►



III Inscriptions commémoratives et chronologie

Il existe deux inscriptions commémoratives sur les deux blocs de marbre. Les vestiges de la première inscription gravée en creux, à faible profondeur et en graphie maghrébine tunisienne, apparaissent au niveau du coin Nord-Ouest du cadran horizontal. Ils sont malheureusement très érodés et ne peuvent fournir que des éléments préliminaires d'une datation relative.

Il est fort probable que la mise en place de ce cadran a eu lieu dans le cadre des travaux d'aménagement ayant eu lieu dans la Grande Mosquée al-Zaytûna au milieu du XVIIIe siècle. Les titres employés et la filiation évoquée dans la dédicace sont relatifs à la famille al-Bakrî qui a occupé l'imamat de la Grande Mosquée al-Zaytûna durant 193 ans de 1034/1624-5 à 1227/1812. La filiation couvre quatre générations mais la dédicace correspond probablement au quatrie *imâm* de la famille al-Bakrî de 'Alî b. Abî-Bakr al-Bakrî⁴. Cette hypothèse est confirmée ainsi par la configuration et l'assemblage des courbes et des tracés, ressemblant beaucoup aux autres cadrans du milieu du XVIIIe siècle.

En ce qui concerne le prisme (cadran polaire et équatorial), l'inscription commémorative occupe la partie gauche de la face nord (cadran équatorial) et elle est composée de neuf lignes gravées en creux à faible profondeur en écriture maghrébine tunisienne.

Cette inscription mentionne que ce bloc a été réalisé par Barakât Ben Muhammad al-Zarîf al-Husaynî al-Idrîsî et fut assisté par Muhmmad al-Qassâr dont la famille, d'origine andalouse, sera très impliquée dans les affaires de la Grande Mosquée durant le XVIIIe siècle⁵. Selon son texte, cette inscription a été ajoutée par le commanditaire du cadran horizontal qui a voulu commémorer la mise en place du prisme par Tâj al-‘Ârifîn al-Bakrî en 1041 H (Juillet 1631 à Juillet 1632 J.C). Cette datation apparaît en chronogramme.

La chronologie qui découle de ces inscriptions est donc la suivante :

Première étape : construction et mise en place du prisme (sans inscription commémorative) en 1041 H.

⁴. Snûsî M., *Musâmarât al-zarîf bi-husni al-ta‘rif*, première partie, Tunis, 1983, p. 115.

⁵. Jarray F. (2007), *Inscriptions des monuments de la régence de Tunis à l'époque ottomane : Étude épigraphique et historique*, 5 volumes, Thèse Doctorat de l'Université, sous la direction cotutelle de S. ORY et M. REMADI-CHAPOUTOT, Université de Provence, Tome I, volume 1, p. 79-80.

Deuxième étape : quelques années plus tard (moins de vingt ans d'après ce que l'on connaît de la filiation de la famille des commanditaires), réalisation et mise en place du cadran horizontal, avec son inscription et ajout de l'inscription sur la face nord du prisme.

Notons également que, outre la forme du support, rencontrée pour la première fois en Tunisie et dans tout le Monde musulman, le texte épigraphique du prisme enrichi la liste des dénominations utilisées pour ce type des instruments de mesure de temps par un nouveau terme «al-Mirsâd» : l'observatoire. Ce terme est ici employé pour la première fois, que ce soit dans les traités de gnomonique ou dans les inscriptions de cadrans solaires, pour désigner ce type d'instrument.

IV Le gnomoniste du prisme

L'auteur du prisme (cadrans polaire et équatorial), qui, nous le verrons, est l'élément le plus original de l'ensemble, est donc al-Nâdhir Barakât ben Muhammad al-Zarîf al-Husaynî al-Idrîsî. Ce gnomoniste était très célèbre à son époque et fut l'auteur de l'important cadran solaire de la mosquée de Yûsuf Dey datant de 1025/1616-17⁶, sur lequel il a introduit, pour la première fois en Tunisie, des nouvelles unités de mesure de temps : heure égale divisée en 60, 20 et 4 minutes qui se substitue à l'heure temporaire, principale unité de mesure du temps employée sur les cadrans de l'époque médiévale. Nous verrons que ce système est également représenté sur le cadran horizontal de l'ensemble étudié ici.

Notre gnomoniste est également mentionné, sur un document de *waqf*⁷ daté du XVIIIe siècle, en tant que *muwaqqit*⁸ de cette même mosquée Yûsuf Dey, avec un salaire de deux (2) *nâsirî-s*⁹ par jour ce qui est très important par rapport aux autres fonctions de cette mosquée très récemment bâtie.

Un autre acte de *waqf* de la Grande Mosquée al-Zaytûna mentionne qu'il occupait une boutique (*Hânût*) située au grand souk de Bâb al-Banât à Tunis. Il est fort probable qu'il s'agissait de l'atelier où il exerçait ses activités de gnomoniste.

Outre ses œuvres de gnomonique, cet érudit est l'auteur de plusieurs tables astronomiques ayant servi longtemps comme manuels de conception des instruments et de traités de référence pour résoudre les questions astronomiques et religieuses telles celles relatives à la *qibla* et aux moments des prières. Plusieurs de ses tables ont été reprises dans des traités de gnomonique des siècles ultérieurs.

V Etude gnomonique des différents cadrans

1) Le cadran polaire et le cadran équatorial

Le prisme sur lequel sont gravés ces deux cadrans (Fig. 2) est posé sur un élément de marbre probablement d'origine romaine. Le prisme est en marbre blanc, ses faces supérieures sont des rectangles de 56 x 21,5 cm. Ce bloc de marbre est actuellement parcouru par deux

⁶. Malheureusement, ce cadran a disparu aujourd'hui et nous ne disposons qu'une photo d'un fragment de son support.

⁷. *Waqf*, est, dans le droit islamique, une donation faite à perpétuité par un particulier à une œuvre d'utilité publique, pieuse ou charitable. Le bien donné en usufruit est dès lors placé sous séquestre et devient inaliénable.

⁸. Astronome / scientifique chargé de fixer les heures des prières

⁹. C'est l'unité monétaire de l'époque, voir Fenina A., *Les monnaies de la Régence de Tunis sous les Husaynides*, Tunis 2003.

profondes fractures verticales. Il s'agit, incontestablement, de la partie la plus intéressante de l'ensemble gnomonique.

Comme nous le verrons, il regroupe deux cadrans exceptionnels : ce qui semble être le cadran polaire fixe le plus ancien du monde arabo-musulman (seul un autre est connu ; Ben Eli et Michel 1965, cf *infra*), et le seul cadran équatorial fixe. Actuellement ce prisme n'est pas positionné de façon correcte, il est

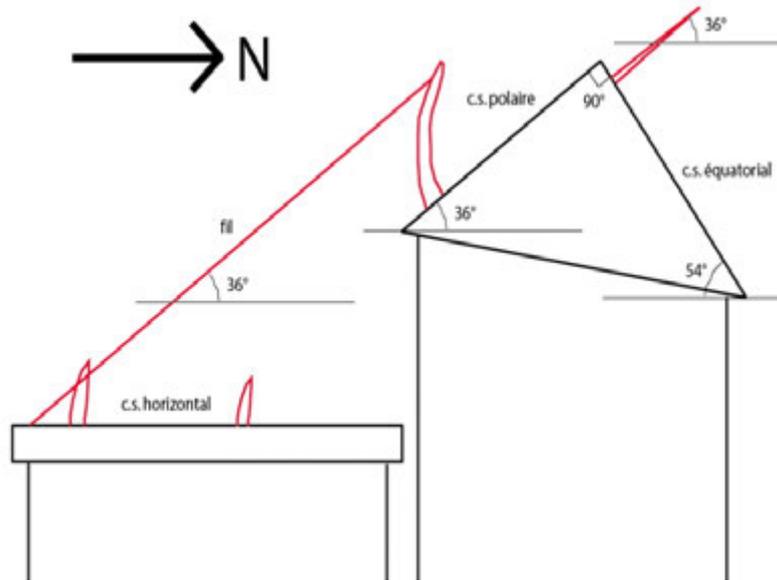


Fig. 3 : Reconstitution (vue latérale) de l'ensemble gnomonique de la mosquée al-Zaytûna. Les gnomons sont en rouge. Actuellement le prisme des cadrans polaire et équatorial n'est pas dans une position correcte et certains gnomons ont disparu.

de degrés, si bien que ces deux faces inclinées sont proches de 45° au lieu de 36° et 54° pour, respectivement, les cadrans polaire et équatorial (Fig.3).

1-A) La face Sud : le cadran polaire

On y observe (Fig. 4, 5 et 6) des lignes horaires parallèles espacées de 20 minutes (d'heures égales) et numérotées en chiffres, la courbe de la prière du *'Asr* et 3 courbes, en relation avec celle du *Maghrib* (3 et non 2 comme indiqué par erreur dans Mercier 2014a, sur la base d'une photo de mauvaise qualité).

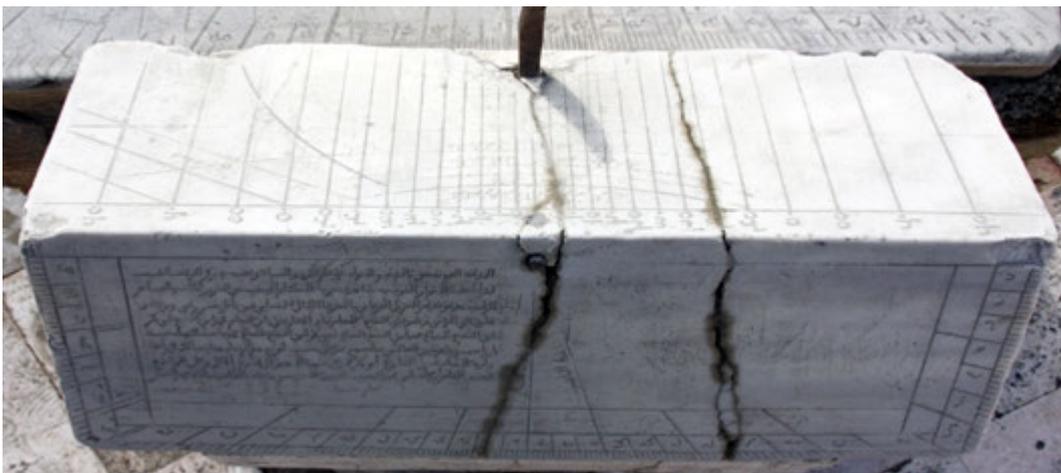


Fig. 4 : Vue verticale du prisme de marbre avec, sur ses deux faces supérieures, les cadrans polaire et équatorial. Ce dernier accueille l'inscription commémorative.



Fig. 5 : Le cadran polaire vue de face

Son gnomon est courbe (en forme de corne de vache), si bien que son extrémité est précisément au-dessus de la droite d'équinoxe. En plus de cette droite, on observe des courbes qui évoquent les arcs du zodiaque, il y en a 4 de chaque côté, ce qui fait deux de trop !¹⁰ et constitue la première anomalie visible sur ce cadran. Il y a donc un arc excédentaire de chaque côté de l'équinoxe. Des essais de

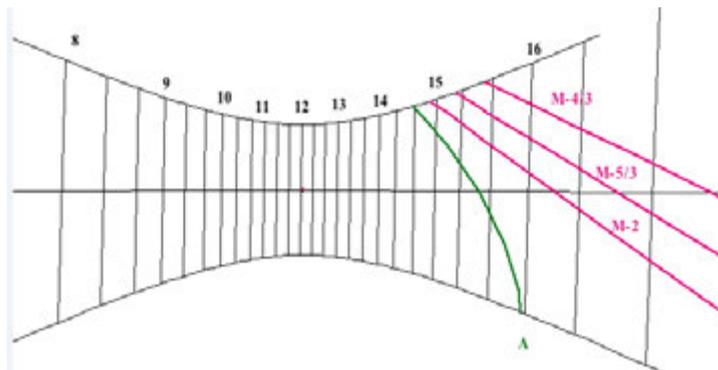


Fig. 6 : Modélisation du cadran polaire (pour les conventions et le code couleur : voir Mercier 2014). A= Asr ; M= Maghrib avec quelques courbes d'annonce espacée de 40'.

modélisation suggèrent que ce sont les courbes les plus à l'extérieur qui sont de trop et qu'elles ont été calculées pour une déclinaison de $\pm 30^\circ$. En fait tout se passe comme si le gnomoniste avait d'abord calculé la position des arcs de déclinaison $\pm 10^\circ$, $\pm 20^\circ$ et $\pm 30^\circ$, puis les avait dessinés sur son épure avant de tracer les arcs du zodiaque en assimilant les plus proches de part et d'autre de l'équinoxe à l'arc de $\pm 10^\circ$, les suivants à $\pm 20^\circ$ et en dessinant les derniers par interpolation entre $\pm 20^\circ$ et $\pm 30^\circ$ (Fig. 7). Puis, qu'il est passé à la phase de la gravure sans avoir effacé les traces de sa construction, notamment les arcs $\pm 30^\circ$ qui se sont retrouvés reproduits sur le marbre.

Cette hypothèse suppose que le gnomoniste n'utilisait pas de tables numériques pré-calculées pour la latitude de Tunis, mais qu'il était capable de calculer lui-même le cadran, ce

¹⁰. Le zodiaque que l'on connaît en occident est directement issu de celui utilisé dans le monde arabo-musulman (Ferrari 2011, chapitre 10 par exemple) qui vient lui-même de traditions plus ancienne.

qui est tout à fait possible, vu ce que l'on sait par ailleurs de lui¹¹.

Remarquons que l'on possède de nombreuses tables numériques datant du IXe au XVIIIe siècles à partir desquelles les gnomonistes arabes dessinaient les cadrans, par contre, on n'a que très peu d'informations sur la manière dont ces tables étaient calculées, parfois avec un degré de précision tout à fait remarquable.... Ce qui précède constitue peut être une trace archéologique rare et intéressante des méthodes de calcul utilisées par les gnomonistes arabes (?).

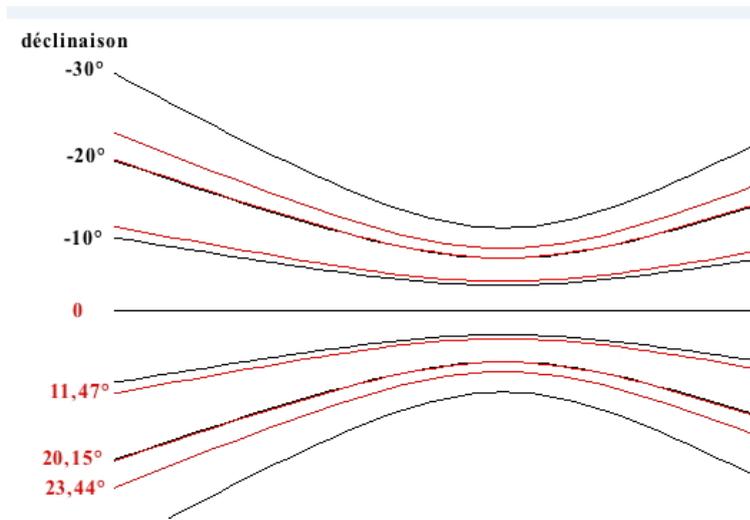


Fig. 7 : Position, sur un cadran polaire, des arcs de déclinaison +/- 10°, +/-20° et +/-30° (en noir) et des arcs du Zodiaque (en rouge). On remarque que les arcs 10° et 20° sont très proches d'arcs du zodiaque, par contre l'arc 30° dépasse largement le Solstice.

Une seconde anomalie existe sur ce cadran, elle concerne l'épigraphie et plus spécialement les noms qui se trouvent en regard des arcs de déclinaison (Fig.8).

Arcs du Cadran polaire	Déclinaison échelle décimale (épure du cadran) (°)	Déclinaison des arcs du Zodiaque (assimilés à des arcs de l'épure ou intrapolés) (°)	Mentions épigraphiques
Arc -4	-30		ligne de début de (illisible) & Balance
Arc -3	-20	-23,44	
Arc -2	-20	« équivalence » -20,15	ligne de début de Sagittaire & Verseau
Arc -1	-10	« équivalence » -11,47	ligne de début de Scorpion & (illisible)
Droite d'équinoxe	0	« équivalence » 0	les deux équinoxes
Arc 1	10	« équivalence » 11,47	ligne de début de Taureau & Vierge
Arc 2	20	« équivalence » 20,15	ligne de début de (illisible) & (illisible)
Arc 3		23,44	
Arc 4	30		ligne de début de (illisible) & Bélier

Fig. 8 : Tableau des caractéristiques et des mentions épigraphiques des différents arcs de déclinaison du cadran polaire

On remarque, entre autres, que les « paires » de signes de zodiaque ne sont pas classiques. Dans le cas classique (fig.9 A), les arcs du zodiaque limitent la zone de balayage de l'ombre du gnomon dans une certaine plage de déclinaison. Comme il y a deux « mois zodiacaux » (deux signes) qui ont la même plage de déclinaison, on indique sur l'espace entre deux arcs le nom des deux signes qui se retrouvent systématiquement associés (fig.9 A). Bien que ce ne soit pas très usité, on peut aussi choisir d'indiquer le nom du signe sur la trajectoire de l'ombre le premier jour de ce « mois zodiacal » (fig.9 B); dans ce cas, les « paires » de signes

¹¹. Voir sa biographie plus haut.

zodiacaux ne sont plus les mêmes¹². Manifestement c'est ce genre de représentation qu'à voulu utiliser notre gnomoniste al-Nâdhir Barakât : en effet, en dehors du fait qu'il est à chaque fois clairement spécifié "ligne du début...", les deux « paires » complètes actuellement lisibles sur son cadran sont les mêmes que ceux de la fig. 9B¹³. Mais, et c'est cela qui constitue la seconde anomalie, les signes qui, dans ce type de représentation, devraient correspondre aux équinoxes (Balance et Bélier), sont renvoyés au delà des arcs les plus externes ; la droite d'équinoxe est, quant à elle, marquée par la simple mention "les deux équinoxes".

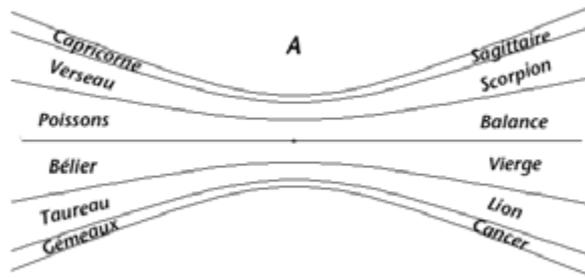


Fig. 9 A : les domaines de balayage de la pointe de l'ombre du gnomon d'un cadran selon le « mois zodiacal » (représentation classique, de tradition européenne, du calendrier zodiacal).

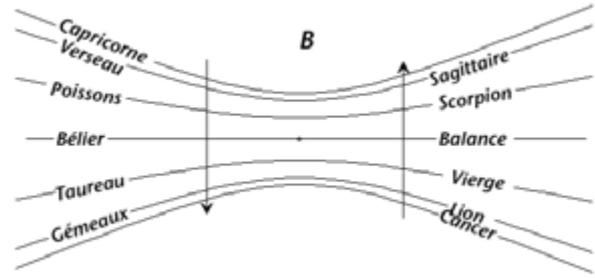


Fig. 9 B : trajectoire du balayage de la pointe de l'ombre le premier jour de chaque « mois zodiacal » (représentation du calendrier zodiacal que l'on trouve sur de rares cadrans musulmans : cf. texte) ; il s'agit de l'arc de déclinaison de chaque début de mois zodiacal. Les « paires » de signes sont différentes, par exemple : dans un cas le Scorpion est associé au Verseau, dans l'autre aux Poissons.

A ce stade, il n'est pas possible de déterminer si c'est le gnomoniste ou l'éventuel graveur qui a commis l'erreur,

l'étude des traités de al-Nâdhir Barakât ben Muhammad nous renseignerait sans doute. Toujours est-il que ce cadran constitue un premier essai d'introduire un calendrier solaire sur les cadrans de Tunisie ... contrairement à l'introduction des heures égales ou des courbes d'annonce de prières, cet essai n'aura pas de suites significatives avant longtemps, les imperfections que l'on relève expliquent peut-être cet échec.

1-B) La face Nord : face « été » du cadran équatorial.

Ce cadran est gravé sur le même prisme que le cadran polaire, il n'a donc qu'une seule face, et celle-ci correspond à la face «été» (fig.4) d'un cadran équatorial. Son style a disparu, mais le point d'implantation est visible. Le pourtour de ce cadran est gradué en trois bandeaux :

- Bandeau extérieur : un trait marquant tous les degrés soit 4 minutes,
- Bandeau médian : un trait marquant tous les 5 degrés soit 20 minutes numérotées en chronogramme,
- Bandeau intérieur : un trait marquant tous les 15 degrés soit 60 minutes.

¹². C'est le premier jour du signe donné et le dernier jour du signe «jumeau» qui ont la même déclinaison ... celle-ci étant extrêmement proche de la déclinaison du premier jour du signe suivant, ce type de représentation engendre des « paires » de même déclinaison déphasées par rapport aux paires classiques (fig.9A et B),

¹³. Il est à remarquer que les rares cadrans islamiques qui présentent un calendrier solaire zodiacal, possèdent des arcs de déclinaison référencés de la même façon que sur la figure 9-B, avec donc les mêmes « paires » ; c'est le cas du cadran horizontal de la mosquée d'Ibn Tûlûn au Caire (fin du XIII^e siècle ; voir Janin et King 1977, et Ferrari 2011, p. 384) et du cadran vertical de la mosquée Yeni à Istanbul (1671) (Çam 1990, p. 83)

Il s'agit, chronologiquement, du second cadran en Tunisie, après celui de la mosquée de Yûsuf Dey, daté de 1025/1616-17, du même auteur, mais actuellement perdu, sur lequel figurent des nouvelles subdivisions de 60, 20 et 4 minutes en association avec les courbes et les tracés relatifs aux devoirs religieux.

Ces lignes horaires (ou plus exactement leurs amorces) sont équi-angulaires (15°) ce qui caractérise les cadrans équatoriaux. Le gnomon de la partie horaire des cadrans horizontaux de Tunisie est habituellement constitué d'un fil incliné par rapport à la table horizontale du cadran. Ici la table est inclinée par rapport à l'horizontal et le gnomon lui est perpendiculaire. Par ailleurs, il n'existe pas de mur ou de tablier au Nord du cadran pour fixer la seconde extrémité du gnomon, le cadranier a donc dû utiliser une tige rigide, hélas disparue.

Sur le plan gnomonique, on note que la ligne horaire de 11 h (en heure égale) est la seule qui possède un tracé complet (jusqu'à la base du gnomon). La signification de cette ligne est indiquée par *khatt al-ta'hîb*, préparatif pour le moment où les fidèles se retrouvent à la Mosquée pour le sermon du Vendredi qui remplace la prière de *Zuhr* ce jour-ci. C'est la seule indication liturgique qui apparaît sur ce cadran, les heures de prières sont absentes. Il est vrai que les cadrans équatoriaux, qui ont des affinités avec les cadrans d'azimut et qui indiquent des heures égales, sont particulièrement mal adaptés à cet usage.

2) Le cadran horizontal (Fig. 10) :

Ce cadran est placé sur un support construit en pierres de grès ocre haut de 1,20 m situé dans la partie Est du patio de la mosquée. C'est une plaque en marbre blanc-grisâtre d'une épaisseur de 6 cm et de forme rectangulaire (87 cm x 47 cm) aménagée horizontalement. Sa surface écrite est fortement érodée ce qui a fait disparaître la partie majeure de ses cryptogrammes et de son inscription commémorative (phénomène de



Fig. 10 : Photographie du cadran horizontal.

dissolution/recristallisation du calcaire dû à l'eau de pluie qui stagne sur la surface horizontale).

Comme pour de nombreux cadrans tunisiens postérieurs (Jarray 2011, Mercier 2014a), on peut diviser ce cadran en deux sous-cadrans autonomes relevant de deux styles de gnomons différents.

En bordure, l'assemblage de ce cadran est composé de 3 bandeaux gravés sur le pourtour de la plaque :

- Bandeau extérieur : un trait marquant les degrés de rotation apparente du Soleil, soit 4 minutes,
- Bandeau médian : un trait marquant tous les 5 degrés, soit 20 minutes numérotées en chronogramme,
- Bandeau intérieur : un trait marquant tous les 15 degrés, soit 60 minutes (1 heure égale).

Ce cadran extérieur est relatif à une ficelle porte-ombre, inclinée de la valeur de la latitude locale, et dont l'implantation de la boucle est toujours en place (fig.10).

Dans la partie centrale, on note certains éléments classiques comme le tracé du méridien (*al-zawâl*) relative au gnomon filaire et l'indication de la *qibla* (en forme de *mihrâb*), avec une valeur précise proche de N112° ; il s'agit d'ailleurs de la plus ancienne représentation d'une *qibla* scientifiquement précise¹⁴ sur un cadran Tunisien (Mercier 2014b). On remarque ici qu'il n'y a aucune trace d'un dispositif visant à positionner le gnomon filaire selon l'angle polaire. Cela confirme que le cadran horizontal a été conçu, dès son origine, pour être intégré dans un ensemble comprenant le cadran polaire sur lequel est fixée l'autre extrémité du fil.

L'essentiel de la surface intérieure est occupé par quatre cadrans islamiques (indiquant des heures en relation avec les prières) relatifs à autant de gnomons verticaux ; ceux qui sont en position méridionale sont légèrement plus grands (6 cm environ) que les deux autres (5 cm environ) (fig. 11).

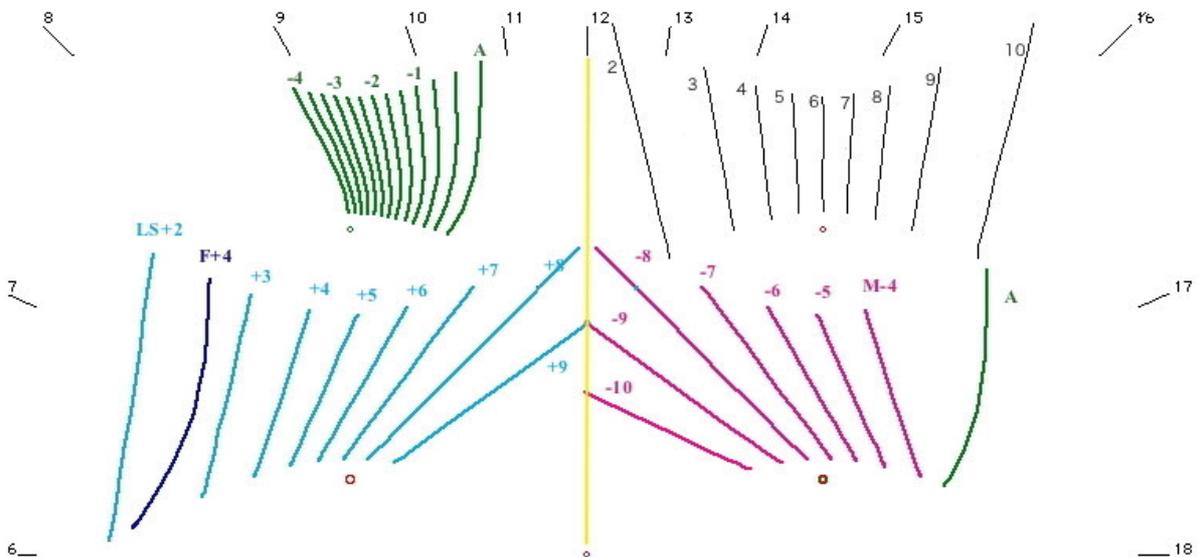


Fig. 11 : Modélisation du cadran horizontal (pour les conventions et le code couleur : voir Mercier 2014a).

A= Asr avec des courbes d'annonce espacées de 20° ; LS= Lever du Soleil ; F= Fajr ; M= Maghrib.

Le cadran NE, en noir, correspond à un cadran en Heures Temporaires. Le trait Jaune marque le passage du méridien de l'ombre du gnomon filaire, il correspond aussi à quelques minutes avant le Zuhr « orthodoxe ».

¹⁴ C'est-à-dire « Qibla correcte » au sens de la littérature internationale : Bobine (1990, 2008) King (1995, 1997, 2014 a) ... (voir Mercier 2014b), c'est à dire calculée selon les principes de la trigonométrie sphérique et non par les règles de l'astronomie populaire.

- Le cadran au NW, comprend des courbes relatives à ‘*Asr*’ avec de nombreuses annonces espacées de 20 minutes.

- Le cadran au NE, correspond à un cadran en heures temporaires. Ce type d’heure est systématiquement utilisé sur les plus anciens cadrans tunisiens (Jarray 2012a ; 2012b). L’existence de ces heures sur un cadran du XVII^e siècle, alors que les heures égales sont représentés en bordure du cadran, marque la période de transition entre l’ancien style de mesure du temps de l’époque médiévale (emploi de l’heure temporaire) et le nouveau basé sur les heures égales. Rappelons que ce nouveau style fut introduit en Tunisie quelques années plus tôt, sur le cadran de la Mosquée de Yûsuf Dey réalisé par Barakât Ben Muhammad al-Zarîf al-Husaynî al-Idrîsî.

- Le cadran au SW correspond à des lignes relatives au lever du Soleil et à *Fajr*.

- Celui au SE correspond à des lignes relatives à *Maghrib* et une courbe de ‘*Asr*’.

L’absence d’homogénéité, dans le choix des lignes entre ces deux cadrans méridionaux, est à remarquer (moins de courbes pour annoncer le coucher du Soleil (*Maghrib*) que le lever). Dans le même esprit, on s’attendrait à trouver dans le cadran SE une courbe relative à ‘*Isha*’ en symétrie de *Fajr*, ce n’est pas le cas ; ‘*Isha*’ absent. Par rapport aux cadrans tunisiens plus anciens ou plus moderne, une autre absence est à signaler : le *Zuhr* calculé selon la règle andalouse¹⁵. Une telle absence est inhabituelle. On remarquera qu’ici, comme à Beja (Mercier 2014a), autre exemple où *Zuhr* calculé selon la règle andalouse manque, la droite 12h (méridien) est nettement soulignée. Cela suggère peut être (?), dans les deux cas, une prise en compte précoce du *Zuhr* « orthodoxe » (caractérisé par le début de l’allongement de l’ombre de midi, soit quelques minutes après le passage du Soleil au droit du méridien). Par ailleurs, ce cadran est le plus ancien, en Tunisie, qui présente des courbes d’annonce anticipées de l’heure de la prière incluant certaines prières nocturnes.

VI Le contexte scientifique de ces cadrans

1) Sources écrites

Le cadran polaire est un cadran universel (indépendant de la latitude) qui est orienté vers le Sud, dans le plan contenant l’axe des pôles. Un cadran horizontal à l’équateur présente par exemple cette orientation. Dès le IX^e siècle J.C, les gnomonistes arabes¹⁶, étaient capables de calculer le dessin d’un cadran horizontal à l’équateur (en heures temporaires). Mais il est probable qu’à cette époque la démarche intellectuelle consistant à translater ce cadran parallèlement à lui-même, vers d’autres latitudes, pour exploiter son caractère universel, n’ait pas été faite. Ce n’est pas vraiment surprenant car le caractère universel du cadran polaire n’est effectif qu’avec des heures «égales», la démarche intellectuelle mentionnée ne pouvaient donc apparaître que vers le XIII^e siècle J.C, au début la généralisation des heures égales¹⁷.

¹⁵ En Andalousie musulmane et dans le Maghreb ancien la prière Zhur était définie par une règle originale : l’ombre d’un gnomon au moment de cette prière est égale à l’ombre de midi + 1/4 de la hauteur du gnomon . Cette règle « andalouse » amène Zhur juste avant la seconde heure temporaire de l’après midi, alors que la règle « orthodoxe » la situe juste après midi solaire (King 2014) .

¹⁶ Notamment Habash al-Hasib, actif à Bagdad dans la première moitié du IX^e siècle J.C.

¹⁷ Au moins au Moyen-Orient et en Europe. En ce qui concerne le Maghreb, cette introduction, nous l’avons signalé, ne semble dater que du XVII^e siècle.

Le cadran équatorial constitue un autre type de cadran universel. C'est un cadran qui est parallèle au plan de l'équateur, il est simple à calculer, mais il ne peut caractériser que les heures égales. Il est donc illusoire de vouloir en trouver des traces avant le XIIIe siècle JC.

Effectivement, c'est Shihab al-Din al-Maqqsi (actif au Caire vers la fin du XIIIe siècle J.C) qui le premier a étudié ces cadrans. Il a notamment compilé une série de tables pour leur construction et insisté sur leur caractère universel (King 2014, p. 722).

Un siècle plus tard, on trouve des cadrans équatoriaux et polaires sur les «compendium» arabes (Fig.12). Il s'agit d'instruments portables, ayant des fonctions et un usage non totalement élucidés, mais qui peuvent servir, au minimum, de cadrans portatifs orientables à l'aide d'une boussole. Ils ont été réalisés au XIVE siècle JC, à Damas et au Caire, par différents gnomonistes (Ibn Sam'ûn, Ibn al Shâtir, al-Klalîfî...) (Janin et King 1997). La période de fabrication et l'usage de ces compendium semble très réduite dans le temps car dès le siècle suivant «le plus illustre astronome d'Egypte ne savait décrire ni l'instrument ni son usage» (Janin et King 1997).

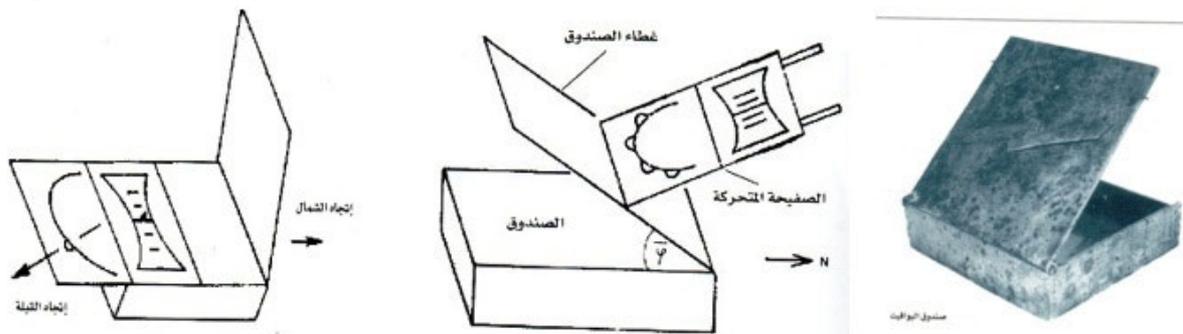


Fig. 12 : Un compendium du XIVE siècle (Illustration de <http://sanjakdar-chaarani.com>, d'après des figures originales de Janin et King 1987)

Si l'on s'intéresse particulièrement au Maghreb : Al-Marrâkushî (XIIIe siècle) (Sédillot 1834), traite du cadran horizontal calculé à l'équateur (cadran polaire), mais il semble assez clair que son caractère universel lui échappe, car quand il essaye¹⁸ d'y ajouter la courbe du 'Asr, c'est clairement cette courbe valable à l'équateur qu'il envisage seule. Un autre auteur : Ibn al-Raqqâm al-Andalusî¹⁹ (fin du XIIIe siècle J.C, début du XIVE), dont le mémoire est considéré par King (1999) comme le plus important ouvrage



Fig. 13 : Le « chapitre » sur les cadrans équatoriaux de Al-Raqqam (Carandell 1988)

¹⁸ «essaye» : car dans ce calcul graphique, cet auteur commet une erreur : voir discussion complète dans Charrette (2003 p. 173)

¹⁹ Connu également comme Ibn al-Raqqam al-Tunisî.

maghrébin traitant des cadrans solaires, analyse le cadran équatorial mais ne fait aucune allusion au cadran polaire (Carandell, 1988). Comme le souligne Carandell (1988), l'analyse du cadran équatorial qui est faite dans cet ouvrage est assez partielle. En effet, en absolu, un cadran polaire standard est constitué de deux faces, une éclairée l'été et l'autre l'hiver. Par ailleurs la face été doit comprendre des indications horaires antérieures à 6h du matin et postérieures à 18h car le Soleil brille pendant une période supérieure à 12h pendant cette partie de l'année. Inversement en hiver, le jour clair est plus court que 12h et un demi-cercle est suffisant. Dans son ouvrage Ibn al-Raqqâm, n'envisage d'une part : que la partie «été» du cadran équatorial ; et d'autre part : il dessine cette face comme si le jour clair ne dépassait pas une durée de 12h (dessin en demi-cercle) (Fig. 13).

2) Cadrans fixes

En dépit de ce contexte scientifique très riche, et avant la présente étude, il n'était connu dans le monde arabo-musulman, aucun cadran équatorial «fixe»²⁰ et un seul cadran polaire «fixe». Ce dernier, daté de 1786 J.C (soit très tardivement par rapport aux manuscrits pré-cités), est installé à la Mosquée d'Acre (Saint Jean d'Acre) (fig. 14). Il fut décrit, pour la première fois, par Ben Eli et Michel (1965) dans un article un peu étrange qui évoque beaucoup de choses, mais



Fig. 14 : Le cadran polaire de Acre (1786 JC)

disserte très peu sur son sujet (le cadran polaire) ; il ne signale pas, par exemple, qu'en plus des indications horaires (une ligne horaire toute les 20 minutes), ce cadran possède une courbe de prière ('*Asr*).

VII Discussion et conclusion

L'ensemble gnomonique de la Mosquée al-Zaytûna constitue la plus ancienne représentation préservée des heures égales sur un cadran tunisien, c'est aussi la première fois en Tunisie, qu'une *qibla* précise (établie scientifiquement), que des courbes d'annonce de prières, y compris nocturnes, et qu'un essai de calendrier solaire sont représentés. Par ailleurs, il contient (1) le plus ancien des deux cadrans polaires fixes et (2) le seul cadran équatorial fixe connu dans le monde arabe. Au XVIIe siècle, date de fabrication de ces cadrans, les gnomonistes arabes étaient capables, depuis de nombreux siècles, de dessiner des cadrans polaires et équatoriaux. Mais manifestement cela ne faisait pas partie de leur tradition. Par ailleurs, à cette époque, la science arabe était déjà rentrée dans sa phase de déclin depuis 3 ou

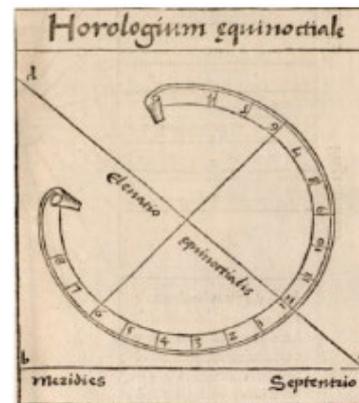
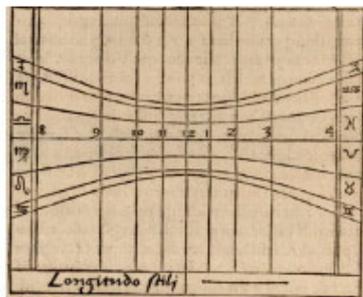
²⁰ Il existe, sur des mosquées de l'empire Ottoman oriental (Turquie, Syrie), des cadrans fixes qui ont un tracé de cadrans équatoriaux en demi-cercle et qui sont datés du XVIe au XVIIIe siècle. Mais ils sont verticaux et ils ont un style horizontal : ce sont en fait des cadrans de type « canonial » (Ferrari 2011, p. 492 à 498). Leur existence au cœur d'un Empire aussi attaché au contrôle scientifique des horaires de pratiques religieuses est étrange...

4 siècles. Inversement la science européenne était fleurissante et le sens du flux scientifique s'était nettement inversé²¹ depuis l'époque où les scientifiques européens puisaient l'essentiel de leurs connaissances dans les manuscrits arabes (Saliba 2007). Au XVIIe siècle, en Europe, il existait de nombreux exemples de cadrans polaires et équatoriaux fixes et surtout une abondante littérature à ce sujet (Fig. 15). On peut légitimement se poser la question de savoir si une influence européenne, ou ottomane, ne pourrait pas être à l'origine du cadran d'al-Zaytûna. Ce type de question se pose systématiquement quand on envisage les inventions ou découvertes « tardives » des scientifiques musulmans. C'est par exemple le cas des « indicateurs portables à *qibla* » particulièrement sophistiqués, datant du XVIIe siècle (voir discussion dans Hogendijk 2010 et King 2014 b).

Dans le cas qui nous intéresse ici, on constate que l'ensemble des sources potentielles européennes contemporaines du cadran de la mosquée al-Zaytûna, et qui traitent du cadran équatorial, dessinent systématiquement sur la face supérieure (été) de celui-ci, des lignes horaires antérieures à 6h du matin et postérieures à 18h (Fig.15). Ce n'est pas le cas, nous l'avons vu, dans les sources maghrébines anciennes (notamment Ibn al-Raqqâm, Fig.13). En d'autres termes, le cadran équatorial de la mosquée al-Zaytûna semble plus proche du dessin d'Ibn al-Raqqâm (XIII-XIVe siècle) que des sources potentielles européennes qui lui sont (globalement) contemporaine.

En ce qui concerne le cadran polaire, nous l'avons vu, une méthode de dessin originale semble avoir été utilisée. Dans ce cas également, aucune influence européenne directe n'est décelable²². Par ailleurs, la spécificité du calendrier (utilisation du premier jour du mois zodiacal, comme au XIIIe siècle à la Mosquée d'Ibn Tûlûn au Caire...) va dans le même sens.

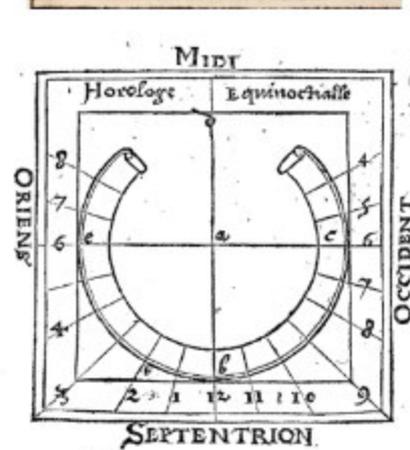
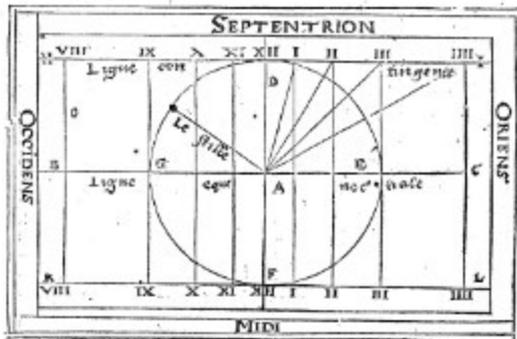
Münster 1531



²¹ Dès le XVIe siècle, les ambassadeurs européens offraient fréquemment des horloges ou des objets astronomiques (mappemonde, cadrans portatifs...) aux monarques musulmans. Une fabrication spécifique de cadrans portatifs en ivoire avec indications en arabe, est connue à Nuremberg dès le début du XVIe siècle (Gouk, 1988). Par ailleurs la littérature européenne était au moins en partie accessible aux savants musulmans : on connaît par exemple, des astrolabes iraniens du XVIIe siècle, basés sur des tables européennes de coordonnées d'étoiles (King 2014 b).

²² Les seules références européennes, que nous ayons trouvées, qui envisagent des arcs diurnes avec des déclinaisons supérieures à celles des solstices correspondent aux travaux de théoriciens, comme Davies (1834) et Schoy (1912 & 1923), qui se servent de tels cadrans « irréalistes » que pour établir la *nature mathématique* de, respectivement, les lignes d'heures temporaires et des lignes de prières musulmanes.

Bullant 1608



Bobynet 1654

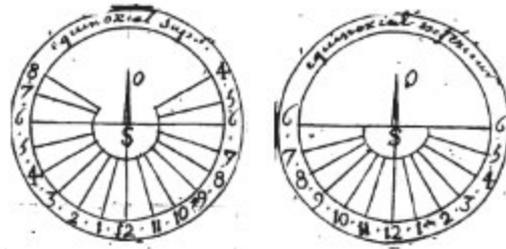
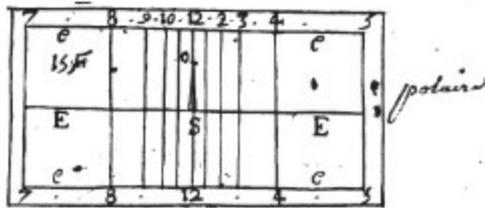


Fig. 15 : Illustration de quelques références européennes globalement contemporaines des cadrans étudiés pour un cadran polaire et un cadran équatorial.

Dans l'état actuel du dossier, il semble bien que les cadrans de la mosquée al-Zaytûna se placent dans une lignée tardive, mais directement issue de la science musulmane, plutôt que dans une re-appropriation de la science européenne. Il s'agit donc d'un monument particulièrement précieux, joyau du patrimoine historique et scientifique Tunisien, qui mériterait une mise en valeur et une protection renforcée.

REFERENCES

- Ben Achour M.A. (1991) : Jâmi' al-Zaytûna, al-ma'lamu wa rijâluhu, CERES production, Tunis.
- Ben-Eli, A. & Michel, H. (1965) : Un cadran solaire remarquable ; Ciel et Terre, Vol. 81, p. 214-216.
- Çam N. (1990) : Osmanli Güneş Saatleri, Kültür Bakanlığı, 200p.
- Carandell J. (1988): Risala fi ilm al-zilal de Muhammad ibn al-Raqqam al-Andalusi. 1988 Edicion, traduccion y comentario por Joan Carandell. Barcelona 1988 (323pp).
- Charrette F. (2003): Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria. BRILL edts.
- Daoulati A. (1996) : al-Zaytûna, Ashrat qurûn mina al-fann al-mi'mârî al-tûnisî, Tunis
- Daoulati A (2010) : La Mosquée Zitouna, Tunis, The Zitouna Mosque. Editions du patrimoine, 215 p. (traduction en Français et anglais de l'ouvrage de 1996)
- Davies T. S. (1834) : An Inquiry into the Geometrical Character of the Hour-Lines upon the Antique Sun-Dials., Volume XII, p.77-122. Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Une traduction en français est disponible dans Cadran-Info n°21 suivi de commentaires et d'analyses dans le n°23 par D. Collin.

- Fenina A. (2016) : *Les monnaies de la Régence de Tunis sous les H'usaynides*, Tunis 2003.
- Ferrari G. (2011) : Le meridiane dell'antico islam, édition à compte d'auteur 536 p
- Golvin L. (1974) : Essai sur l'architecture religieuse musulmane, vol. III, Paris, 1974.
- Gouk P. (1988) : The ivory sundials of Nuremberg 1500-1700, Whipple Museum of the History of Science.
- Hogendijk J.P. (2010) : Three instruments for finding the direction and distance to Mecca: European cartography or Islamic astronomy? in: Proceedings of a Colloquium on Islamic Astronomy, Istanbul, IRCICA, May 7.
- Janin & King (1978) : "Le cadran solaire de la Mosquée d'Ibn Tulun au Caire," *Journal of the History of Arabic Science*, 2, pp. 331-357. [Reproduit in King D. (1987) *Islamic Astronomical Instruments*, London: Variorum, 1987]
- Janin L. & King D.A. (1987) : Ibn al-Shatir's Sanduq al Yawaqit ; An astronomical « Compedium ». in King D. (1987) *Islamic Astronomical Instruments*, London: Variorum, 1987, étude XII,
- Jarray F. (2007) : Inscriptions des monuments de la régence de Tunis à l'époque ottomane : Étude épigraphique et historique, 5 volumes, Thèse Doctorat de l'Université, sous la direction cotutelle de S. Ory et M. Remadi-Chapoutot, Université de Provence.
- Jarray F. (2011) : «Les cadrans solaires islamique de Tunisie : essai de typologie préliminaire», *Safranbolu Saat Kulesi ve Zaman Ölçerler Sempozyumu*, Karabük Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Turquie, p. 155-200.
- Jarray F. (2012) : «De l'horologuim, solarium antique à la *mizwala* islamique : de l'adoption à l'adaptation », *Africa. Romana*, XIX, Université de Sassari, Sardaigne, p. 2355-2380.
- Jarray F. (2013) : «Notes préliminaires sur deux *mizwala*-s méconnues de la ville de Kairouan », Kairouan et sa région: nouvelles recherches d'archéologie et de patrimoine, Actes du 3^e Colloque international du Département d'Archéologie de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Kairouan, p. 391-399.
- King D.A (1999) : "On the history of astronomy in the medieval Maghrib", in *Études Philosophiques et Sociologiques Dédiées à Jamal ed-Dine Alaoui*, Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Publications de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Dhar El Mahraz - Fès, N° Spécial 14 (Département de Philosophie, Sociologie et Psychologie), Fez, 1998 [published 1999], pp. 27-61
- King D.A. (2014 b): World-maps for finding the direction and distance to Mecca; Brill edt, 638 p. (première édition: 1999).
- King D.A. (2014) : In synchrony with the heavens , volume 1 : The call of the Muezzin ; Brill edt, 930 p. (première édition : 2005)
- Mahfoudh F. (2003) : Architecture et urbanisme en Ifriqiya médiévale ; proposition pour une nouvelle approche, p. 173-184.
- Marçais G. (1954) : L'architecture musulmane d'Occident, Paris, 1954.
- Mercier E. (2014a) : Cadrans islamiques anciens de Tunisie, *Cadran-info*, 29, p. 53-65
- Mercier E. (2014b) : Qibla des cadrans islamiques de Tunisie, *Cadran-info*, *Cadran-info*, 30, p. 66-72
- Saliba G. (2007) : *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*, MIT press.
- Schoy K. (1912) : Die arabische Sonnenuhr im Dienste der islamischen Religionsübung. *Naturwissenschaftliche Wochenschrift, Organ der Deutschen Gesellschaft für volkstümliche Naturkunde in Berlin*, n.f. XI. Bd., 6.
- Schoy K. (1923) : Die Gnomonik der Araber, Verein Wissensch. Verleger, Berlin,
- Sédillot, J. J. (trad.) (1834). *Traité des instruments astronomiques des Arabes*. 2 Vols. Paris.
- Snûsî M. (1983) : *Musâmarât al-zarîf bi-husni al-ta'rif*, première partie, Tunis.





Appareil de mesure de la déclinaison

Gérard Labrosse

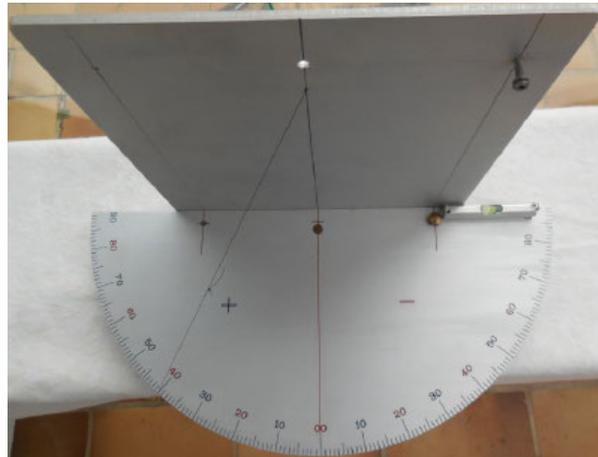
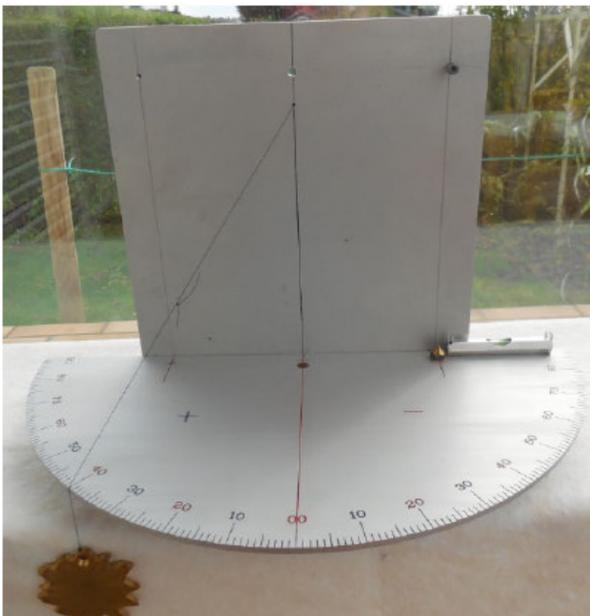
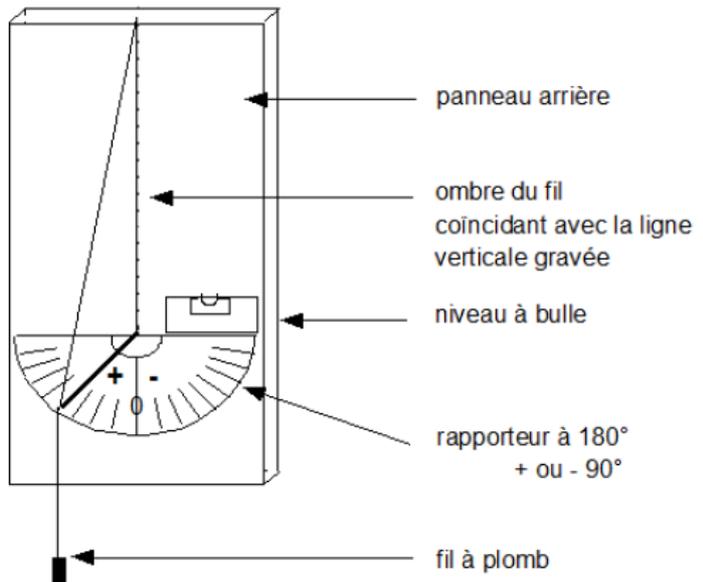
Voici la description et l'emploi d'un appareil servant à mesurer la déclinaison d'un mur reconnu comme étant vertical.

Description de l'appareil

Le fil tendu par un poids prend appui sur le pourtour du rapporteur.

Le point de contact permet de lire un angle positif ou négatif. Le zéro est au milieu du rapporteur.

Vue presque de face de l'appareil pour une mesure de déclinaison de $+40^\circ$ ▼



▲ Vue de dessus de l'appareil pour une mesure de déclinaison de $+40^\circ$

Principe d'utilisation

Il suffit de faire coïncider l'ombre supérieure du fil à plomb avec la ligne verticale gravée sur le panneau arrière. À ce moment là, noter simultanément l'heure exacte de la montre et la mesure de l'angle. Différentes mesures sont souhaitables dans la même journée afin de gagner en précision pour les calculs.

Toutes les informations sont notées dans un tableau récapitulatif.

Calculs à effectuer

- Paramètres à connaître :

° Position géographique du lieu des observations : Φ (phi) latitude et λ (lambda) longitude.

° Ephémérides du jour : δ (delta) déclinaison du Soleil et Eq l'équation du temps

- Exemple :

$\Phi = 46^\circ$ Nord ; $\lambda = -4^\circ 23'$

$\delta = -4^\circ 15'$ au 09/03/04 et Eq = 10 m 26 s

Calcul de H (angle horaire du Soleil)

$$H = (m - 12) \times 15 - (Eq \times 15) - (\lambda) - C$$

Avec :

° m = heure lue à la montre, exprimée en h m s

° Eq = équation du temps, exprimée en h m s

° λ = longitude en °, ', " , de signe + pour une longitude Ouest de Greenwich et de signe - pour une longitude Est. (W = + ou E= -)

° C = 15° pour l'heure d'hiver et 30° heure d'été, correspondant à respectivement UT +1 ou 2 heures

Calcul de Az

L'azimut du Soleil, position angulaire du Soleil par rapport au méridien local exprimé positivement à l'Ouest et négativement à l'Est)

$$Az = \tan^{-1}(\sin H / ((\sin \Phi \cos H) - (\cos \Phi \tan \delta)))^1 \quad [\text{application calculatrice}]$$

$$\text{ou} \quad \tan Az = \sin H / (\sin \Phi \cos H - \cos \Phi \tan \delta)$$

avec sin Az de même signe que sin H ($\pm 180^\circ$ si nécessaire au résultat Az)

Formule générale de la déclinaison du mur

$$D = Az - \text{angle lu} \quad (\text{les angles sont en valeurs algébriques})$$



$$\begin{array}{ll} \text{Ex : Si } A_z = -32^\circ \text{ et angle lu} = -40^\circ \text{ on a :} & -20 < -15 ; -20 < 10 \\ -32 - (-40) = -32 + 40 = 8 \quad \text{donc } D = 8^\circ & -20 > -30 ; 20 < 30 \end{array}$$

1 La formule peut encore s'écrire : $\text{Atan} [\sin H / (\sin \Phi \cos H - \cos \Phi \tan \delta)]$

Exemple d'un tableau de notation des résultats

Les calculs ont été effectués avec les données de l'exemple page 2.

OBSERVATIONS			Résultats des calculs	
date	heure lue à la montre (m)	valeur de l'angle sur le rapporteur	H	Az
09/03	9 h 05 min	-52°	-56,975°	-62,114°
	10 h 38 min	-31°	-33,725°	-40,507°
	13 h 02 min	13°	2,275°	2,95°
	16 h 28 min	69,4°	53,775°	59,42°
	17 h 30 min	82°	69,275°	71,87°

Interprétation du tableau

$$D = Az - \text{angle lu}$$

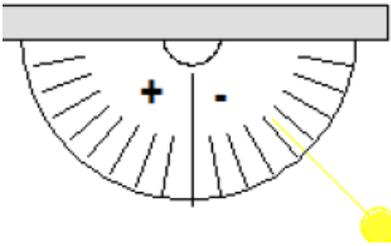
date	D (°)	A _Z (°)	angle lu (°)
09/03	- 10,113963	-62,114	-52
	- 9,50691233	-40,50769	-31
	- 10,05035334	2,949647	13
	- 9,980994419	59,421901	69,4
	- 10,12680295	71,8732	82

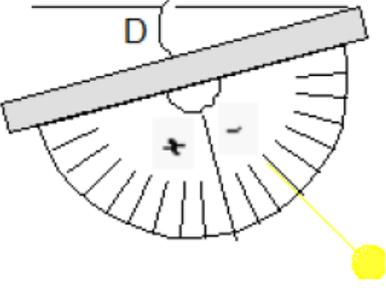
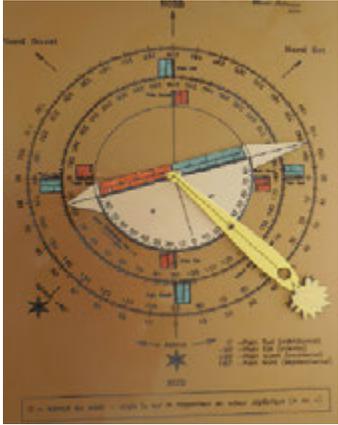
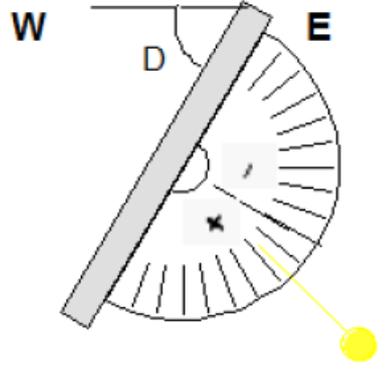
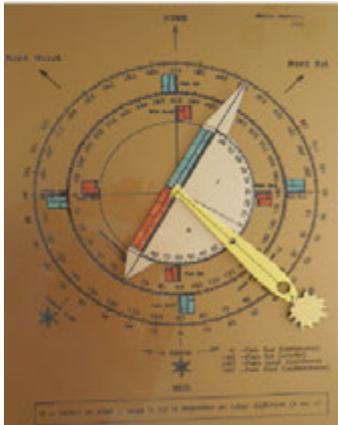
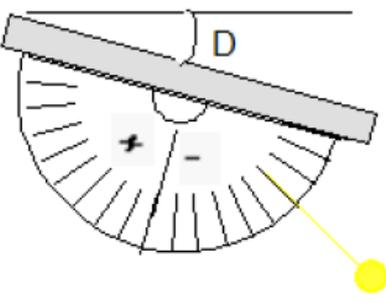
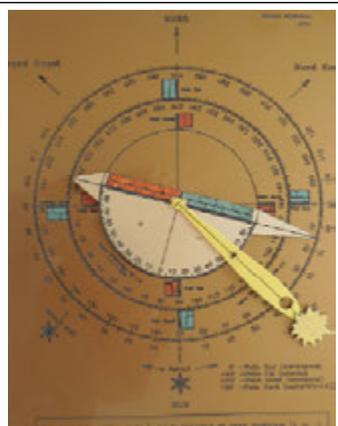
Moyenne : -10.0527, la déclinaison du mur est proche de 10° Est

Interprétation des résultats

$$A_z < 0 \text{ et angles lus } > 0 \text{ ou } < 0$$

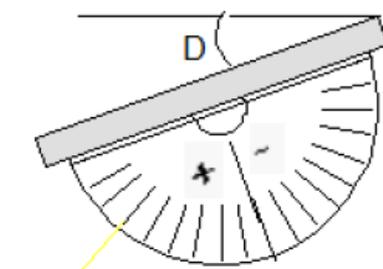
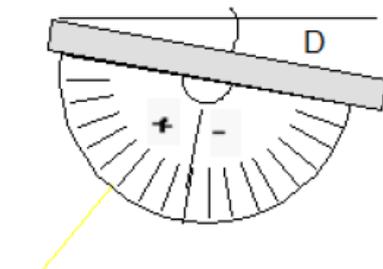
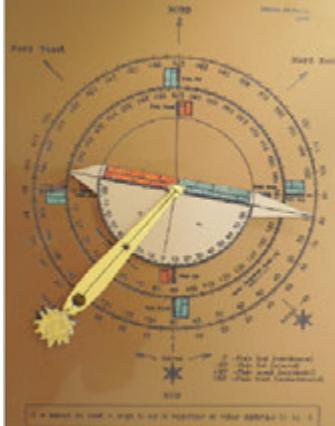
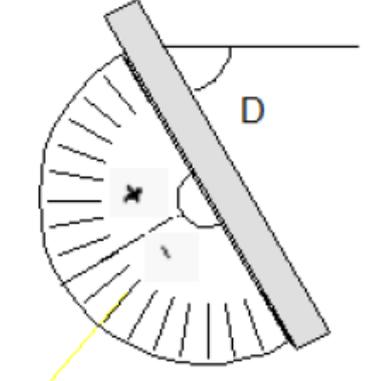
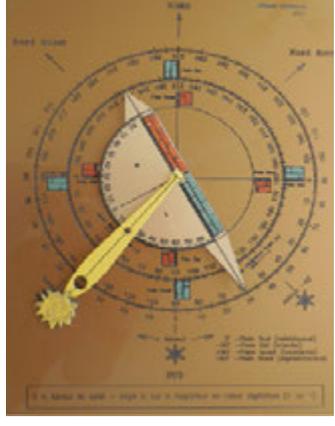
$$A_z = -45^\circ$$

<p>1) $A_z = \text{angle lu} = -45^\circ$</p> <p>$D = -45 - (-45) = -45 + 45 = 0$</p> <p>$D = 0^\circ$, mur plein Sud cadran méridional</p>	<p>W E</p> <p>Azimuth Soleil : -45°</p> 	
--	---	---

<p>2) $A_z < \text{angle lu et angle lu} < 0$</p> <p>$-45 < -30$ $-45 - (-30) = -45 + 30 = -15$</p> <p>D = -15°, déclinaison du mur : 15° Est</p> <p>cadran déclinant du matin</p>	<p>W E</p> 	
<p>3) $A_z < \text{angle lu et angle lu} > 0$</p> <p>$-45 < 15$ $-45 - (+15) = -45 - 15 = -60$</p> <p>D = -60°, déclinaison 60° Est</p>	<p>W E</p> 	
<p>4) $A_z > \text{angle lu et angle lu} < 0$</p> <p>$-45 > -60$ $-45 - (-60) = -45 + 60 = 15$</p> <p>D = 15°, déclinaison 15° Ouest</p> <p>cadran déclinant de l'après-midi</p>	<p>W E</p> 	

$A_z > 0$ et angles lus > 0 ou < 0

$A_z = 40^\circ$

<p>5) $A_z < \text{angle lu}$</p> <p>$40 < 60$ $40 - 60 = -20$</p> <p>D = -20°, mur déclinant Est de 20°</p>	<p>W E</p> 	
<p>6) $A_z > \text{angle lu}$</p> <p>$40 > 30$ $40 - 30 = 10$</p> <p>D = 10°, mur déclinant Ouest de 10°</p>	<p>W E</p> 	
<p>7) $A_z > \text{angle lu}$ et $\text{angle lu} < 0$</p> <p>$40 > -20$ $40 - (-20) = 40 + 20 = 60$</p> <p>D = 60°, mur déclinant Ouest de 60°</p>	<p>W E</p> 	

Mesure de la déclinaison d'un mur par différence d'Azimuts.

Relations entre l'appareil de mesure et la maquette de visualisation.

La maquette est constituée d'un support rectangulaire sur lequel est gravé :

- Les points cardinaux
- Un grand cercle ou les graduations représentent sur l'extérieur de ce cercle les angles de la déclinaison du Soleil et sur sa partie intérieure les angles de la valeur de la déclinaison W du mur ou sera placé le cadran solaire si tel est le résultat.
- Un cercle plus petit ou les angles gravée nous informeront de la valeur de la déclinaison Est du mur si tel est le cas.

Pivotant sur un axe au centre de cette table principale, se trouve un demi rapporteur gradué de la même façon (signes + ou -) que l'appareil de mesure utilisé pour permettre les calculs de la déclinaison d'un mur.

De part et d'autre de cette pièce se trouve deux index en forme de triangle.

L'extrémité du petit triangle pointera sur la valeur de la déclinaison possible Est (sur le cercle gradué le plus petit de la table), et le grand triangle celui de la valeur de la déclinaison Ouest (possible) sur les graduations intérieures du grand cercle de la table.

Un bras symbolisant l'azimut du Soleil, pivotant sur le même axe du rapporteur décrit précédemment.

On remarquera un grand œilleton près du Soleil, qui laissera apparaître la valeur de l'Azimut du Soleil (calculé pour un instant « T ») sur le grand cercle gradué de la table (partie extérieure) et plus près de son axe un autre œilleton plus petit qui nous indiquera la valeur de l'angle mesuré sur l'appareil au moment de la même mesure ou l'ombre de la corde se superpose à la ligne verticale de l'appareil de mesure.

Mise en place des éléments qui composent la maquette au regard des résultats de la page de calcul Excel.

Positionner tout d'abord le bras symbolisant le Soleil en amenant l'axe du grand œilleton sur la valeur de la déclinaison calculée du Soleil calculée pour un instant « T ». Ne plus changer cette position.

Faire pivoter le petit rapporteur de telle façon que le centre du petit œilleton (le plus près de l'axe de pivotement) du bras du Soleil corresponde à l'angle lu sur l'appareil de mesure à l'instant de la même mesure « T ».

Dans ce mouvement de rotation du petit rapporteur, les index triangulaires donneront alors la valeur angulaire de la déclinaison Est ou Ouest du mur ou sera fixé le cadran solaire.

Nous pourrons ainsi visualiser les résultats de la page de calcul Excel pour l'une de ses mesures.

Possibilité d'avoir un résultat rapide mais approximatif au moyen de cette maquette.

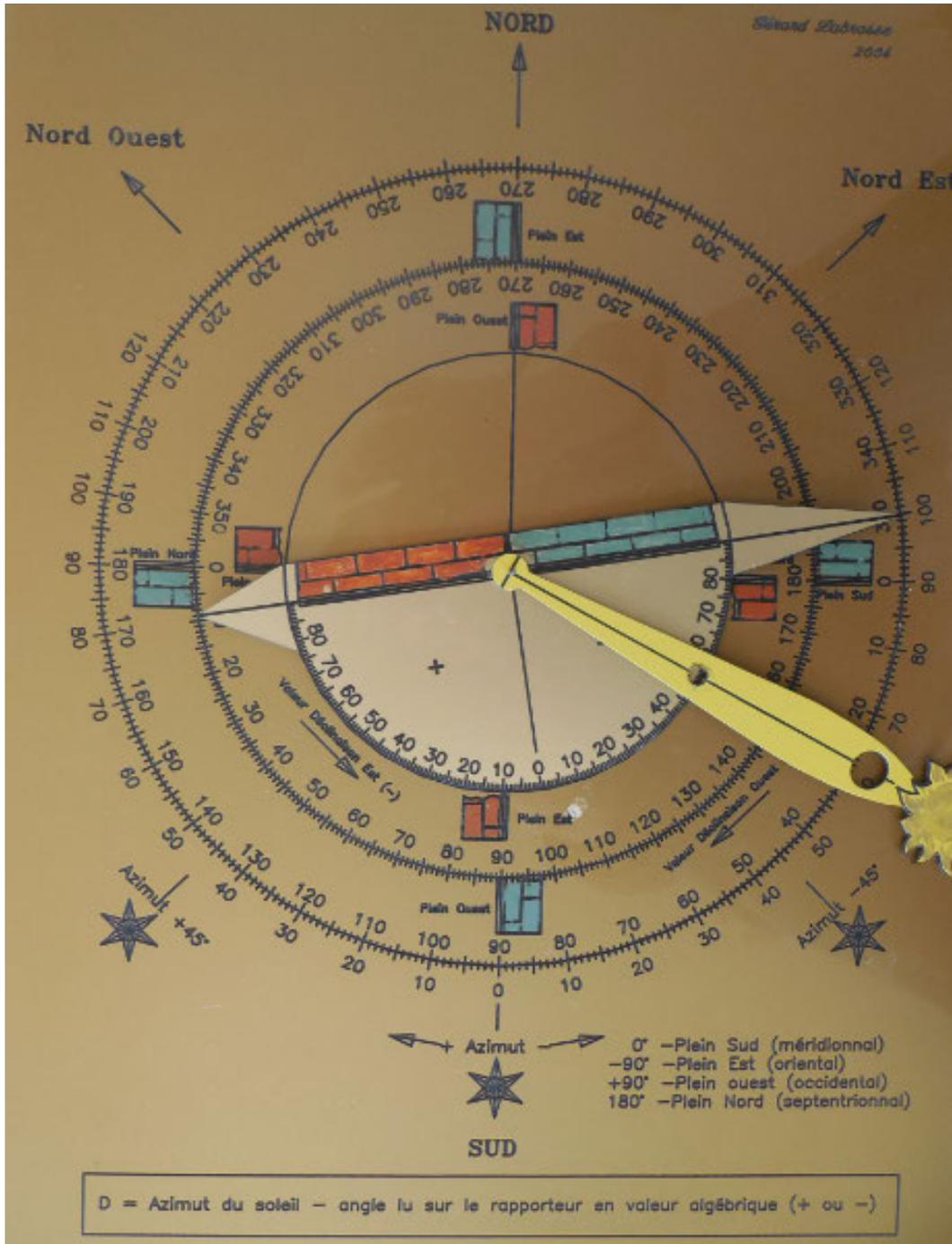
Il suffit d'avoir le résultat de l'azimut du Soleil au moment de la mesure, ainsi que l'angle affiché par l'appareil à ce même moment lorsque l'ombre devient verticale (en déplaçant la corde sur le pourtour de l'appareil de mesure).

Cela suppose l'utilisation d'une calculatrice (programmée pour ce calcul), ainsi que la connaissance de tous les paramètres nécessaires.

Le positionnement correct des éléments de la maquette (explications précédentes), feront que les index triangulaires nous indiqueront la déclinaison approximative du mur sans

utiliser la page de calcul Excel.

Photo de la maquette ou les éléments sont disposés dans la configuration de la première ligne du tableau de notation de résultats.



Azimut du Soleil = 62.114 ;

Angle lu sur l'appareil = -52° ;

Déclinaison du mur = -10.114 Est (index petit triangle)

Feuille Excel pour les calculs

Calcul de la Déclinaison d'un mur **VERTICAL** la méthode de différence des Azimuts

	degrés	minute	seconde	décimale	sin	cos	tan
Latitude Φ	46	18	33	46.3092	0.72308	0.69077	1.04678
Longitude λ	-4	4	39	-4.0775	-0.0711	0.99747	-0.0713
Déclinaison du soleil δ	8	55	4	8.91778	0.15502	0.98791	0.15691

Ephémérides à la date du :	30.08.14				conv degrés	conv radians
Equation du temps	0	0	38	0.01056	0.15833	0.00276
Ajout d'1 ou 2 heures	2				30	0.5236

valeur des angles lus sur le rapporteur	Heure de la montre				H calculé	Azimut du Soleil		
	heures	minute	seconde	décimale		Degrés déc	En radians	
-10	13	0	0	13.0000	-11.0808	-17.728	-17.728	-0.3094
-5	13	14	0	13.2333	-7.5808	-12.2352	-12.235	-0.2135
0	13	25	0	13.4167	-4.8308	-7.83347	-7.8335	-0.1367
4	13	35	0	13.5833	-2.3308	-3.78902	-3.789	-0.0661
7.2	13	44	30	13.7417	0.0442	0.071852	0.07185	0.00125
							0	0

Déclinaison du mur

moyenne **-7.5835**

-7.728036732

Commentaires obtenus en pointant sur le triangle rouge

-7.235193105

-7.833469709

-7.789017487

-7.12814772

sin	cos	tan
-0.1922	0.98136	-0.1958
-0.1319	0.99126	-0.1331
-0.0842	0.99645	-0.0845
-0.0407	0.99917	-0.0407
0.00077	1	0.00077

⇒ Dans la version numérique, en annexe :

Le fichier Excel "declinaison_diff.xls" permettant les calculs ci-dessus.



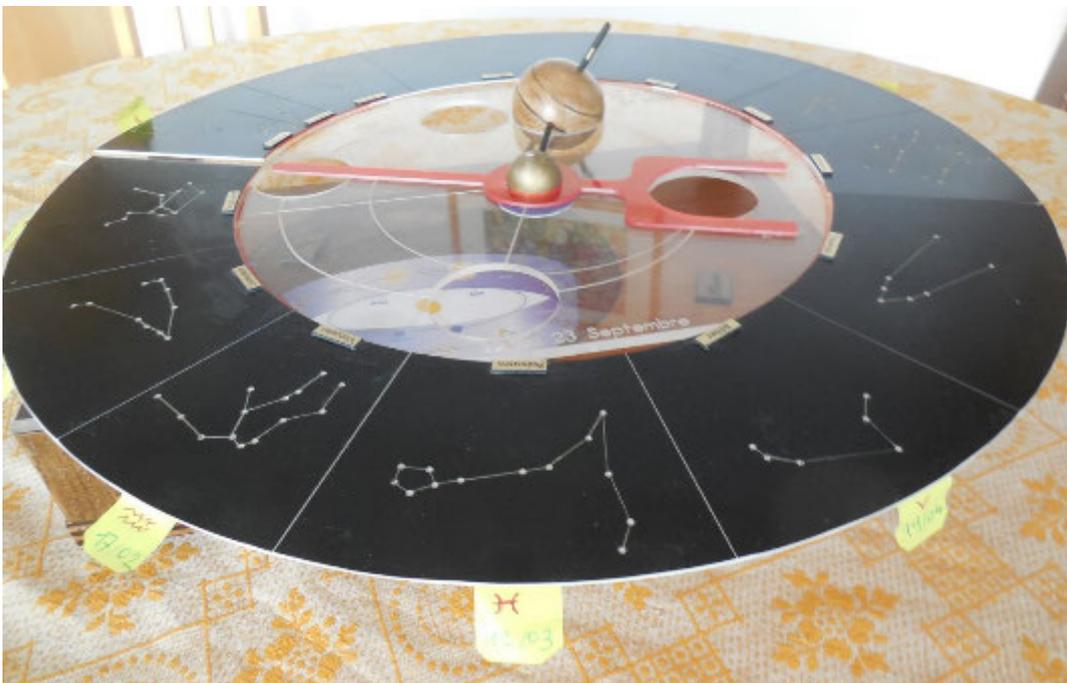
Maquette pédagogique

Gérard Labrosse

Précession des équinoxes, zodiaque, étoile polaire sont des noms qui reviennent lors d'explications gnomoniques. G. Labrosse a réalisé une maquette afin de soutenir les exposés et présentations pédagogiques sur ces sujets.

La maquette

Elle permet de visualiser des phénomènes complexes qui par la parole paraissent bien ardu.



Vue générale de la maquette

Ce que montre la maquette

Nous remarquons que l'axe de rotation de la terre est positionné sur le pourtour d'un cercle (bleu), qui représente la base du cône de la précession des équinoxes en un point (A) par exemple.





Sur la face supérieure de la maquette, un index, perpendiculaire à l'axe de rotation de la terre, vient par rotation tangenter sur le plexiglas qui matérialise l'équateur céleste.

Nous sommes dans la configuration alors où l'équateur terrestre et céleste se coupe pour définir le point vernal.

Nous constatons que l'index pointe sur la constellation du Bélier.

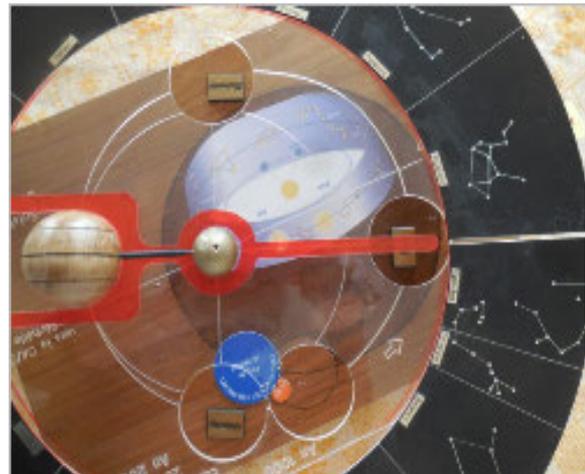


L'appui de l'axe est maintenant sur un autre point (B) de la circonférence et alors l'index de notre Terre pointe alors sur la constellation du Poisson, notre constellation du printemps d'aujourd'hui.

Le malentendu entre l'astrologie et l'astronomie devient évident.

Les photos sur la page suivante nous montrent l'entrée du Soleil dans les constellations aux quatre saisons de l'année.

On remarquera que le Soleil balaie les constellations dans des durées inégales.



Explications des termes

Précession des équinoxes

L'axe de la Terre décrit un cercle (un peu comme une toupie en fin de rotation) tous les 25920 ans, ce qui a pour effet un décalage du point vernal, (intersection de l'équateur

terrestre et céleste). Ce décalage est de 1° tous les 72 ans.

C'est Hipparque, mathématicien et astronome né dans ce qui est la Turquie d'aujourd'hui en avait fait la remarque vers l'an 125 avant Jésus Christ.

De ce fait le décalage se creuse entre les constellations astronomiques et les constellations du zodiaque.

Il y a 6 000 ans, à l'arrivée du printemps, le Soleil était dans la constellation du Taureau, 4 000 ans dans celle du Bélier et 2 000 ans dans celle du Poisson.

Le zodiaque

C'est au cinquième siècle avant J.C. que le zodiaque fait son apparition avec un découpage de la circonférence céleste tous les 30° ($360/12=30^\circ$). Un pour chaque mois de l'année.

Nous trouvons les signes du zodiaque connus aujourd'hui dans une bande prise de part et d'autre de l'écliptique de 9° (Trajectoire apparente du Soleil dans la voûte céleste).

Rappelons que ce mot vient de Zodiakos (petit cercle d'animaux) issu de Zodiaion qui est un diminutif de Zoon qui signifie animal.

Le signe de la Balance (les pinces du Scorpion) et du Verseau font exception du règne animal.

L'union astronomique (U.A) a défini en 1930, 88 constellations dans une bande de 30° prise de part et d'autre par rapport à l'équateur céleste dans les deux hémisphères.

Rappelons que les constellations n'ont que des limites conventionnelles.

Le zodiaque astronomique compte maintenant 13 constellations au lieu de 12 avec l'ajout de la constellation d'Ophiuchus (le serpenteaire) qui se situe vers le Scorpion.

Le Soleil se trouve dans ces constellations avec des durées irrégulières. Par exemple : 47 jours pour la Vierge et 7 jours pour le Scorpion.

Des constellations se nomment :

Machine pneumatique, Burin, Compas, Autel, Microscope, Horloge etc.

L'imagination des humains avec les découvertes de différentes époques ont été sources de ces appellations.

Etoile polaire

Notre étoile polaire d'aujourd'hui (Alpha de la petite Ourse) se trouve approximativement dans le prolongement de l'axe de rotation de la Terre.

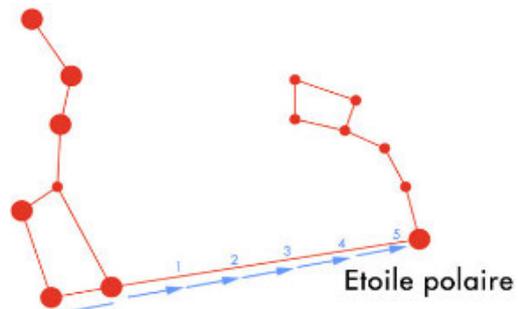
C'est en 2048 que cet axe en sera le plus près. Sa lumière que nous recevons aujourd'hui a été émise il y a 430 ans alors que Charles VIII était sacré roi de France en la cathédrale de Reims.

Il y a 1000 ans, au temps des vikings, c'était Alpha de la constellation de la Girafe (étoile très faible), à l'époque de Jésus Christ, il n'y avait pas d'étoile polaire et au temps des pyramides c'était Alpha du Dragon qui était l'étoile polaire.

Dans quelques milliers d'années, ce sera une étoile de Céphée, puis Delta du Cygne ; dans 13 000 ans, Véga.

Pour repérer l'étoile polaire dans le ciel, il faut trouver la grande ourse, puis, prolonger les deux dernières étoiles de la casserole (Merack et Dubhé) d'environ 5 fois.

On trouve alors une étoile peu brillante qui est notre étoile polaire.





Construction d'un cadran horizontal

Jean Pakhomoff

C'est sur une idée de cadran simple, genre disque équatorial posé sur le sol, traversé par l'axe polaire, qu'il m'est venu l'idée d'une nouvelle méthode (pour moi), de construction d'un cadran horizontal à partir des cercles horaires : tracé des angles tabulaires et des arcs diurnes sans recourir à la hauteur et azimut.

On connaît la méthode habituelle qui repose sur la connaissance de la hauteur du Soleil et de son azimut pour tracer les lignes horaires et les arcs diurnes sur le cadran horizontal.

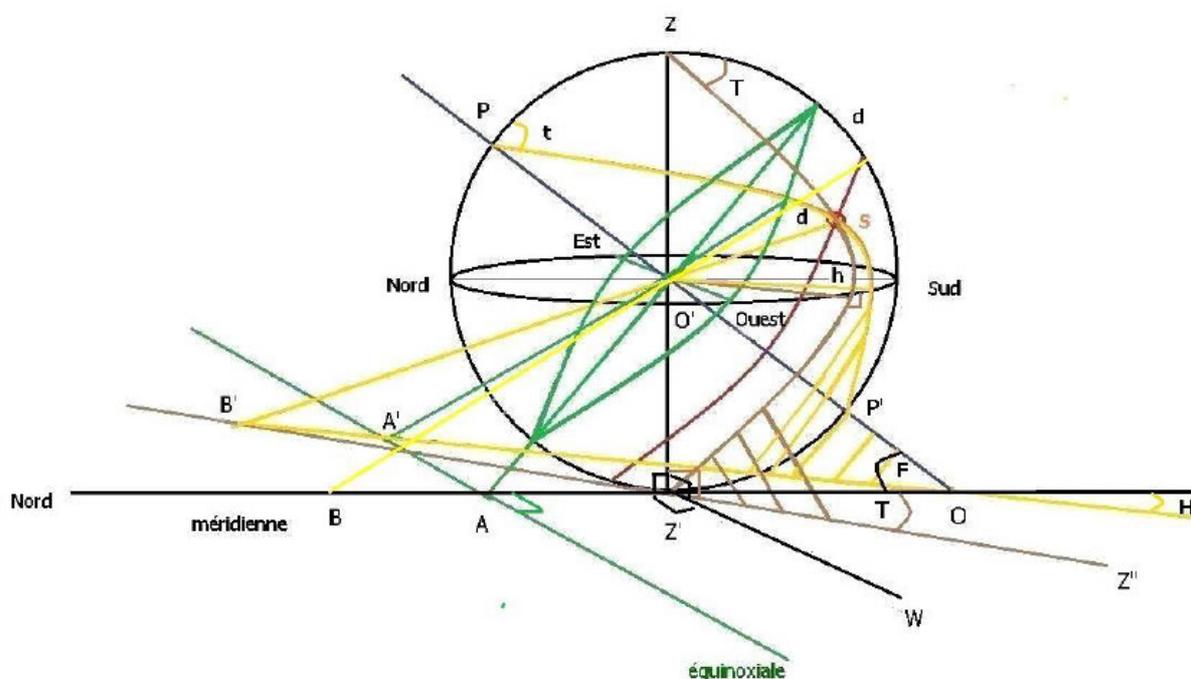


Fig 1

La figure 1 montre une sphère céleste de centre O' avec un grand cercle horizon de latitude F . L'axe des pôles perce en O un plan horizontal parallèle au cercle horizon.

L'axe ZZ' zénith-nadir donne le grand cercle vertical ZSZ' passant par le Soleil S . Ce vertical détermine l'azimut T avec le plan méridien. Ce grand cercle coupe le plan horizontal perpendiculairement donnant la ligne $Z'Z''$ et l'angle $OZ'Z''$ est l'azimut du Soleil.

L'axe PP' axe de rotation passant par les pôles PP' donne naissance au grand cercle horaire PSP' coupant le plan horizontal selon la ligne horaire tabulaire OB' donnant l'angle horaire tabulaire H .

Sur ce grand cercle horaire le Soleil S est représenté sur un petit cercle de déclinaison

d. L'intersection du vertical et du cercle horaire passant par S correspond au rayon de Soleil passant par O' et venant percer le plan horizontal OZ'W en B'. Ce rayon étant commun aux deux cercles ci-dessus il passe donc par l'intersection de leurs traces sur le plan OZ'W.

La figure 2 montre cela avec plus de précision :

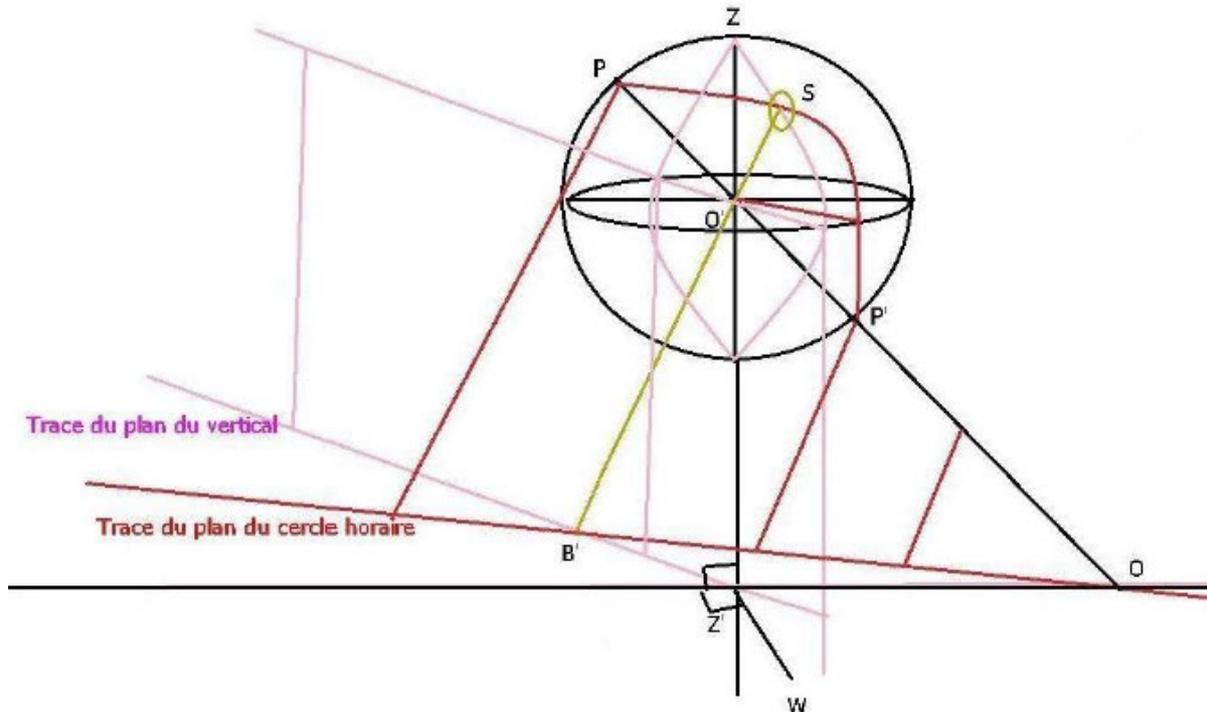


Fig 2

On fait glisser l'horizon le long de l'axe zénith-nadir. On obtient le plan OZ'W qui est celui d'un cadran horizontal. On prolonge le plan du cercle grand vertical passant par S et ayant l'axe zénith-nadir pour diamètre.

De même on prolonge le plan du cercle horaire passant par S et ayant pour diamètre l'axe des pôles PP'. Les traces de ces deux plans sur le plan horizontal se coupent en B' et le rayon solaire SO' étant commun au vertical et au cercle horaire passe par B'.

Le grand cercle de l'équateur perpendiculaire à l'axe de rotation PP' est représenté en vert (fig 1). Son plan coupe le plan horizontal selon l'équinoxiale perpendiculaire à la méridienne.

Le grand cercle méridien PZP' donne la méridienne Z'O.

La hauteur h de S se compte sur le grand vertical passant par S et la déclinaison d sur le cercle horaire.

La calcul de la hauteur h du Soleil déclinant de d et de son azimut T pour l'angle horaire t à la latitude F permet alors facilement de connaître l'angle tabulaire H et les coordonnées x et y du point B' et donc de tracer l'arc diurne pour cette déclinaison.

Une autre méthode de construction permet de se passer de la connaissance de la hauteur et de l'azimut.

L'observation de la figure 1 permet de constater que la ligne de midi en provenance de l'équateur coupe sur le cadran la méridienne en A. Le rayon du Soleil S de déclinaison d passant au méridien coupe la méridienne en B.

Un temps t plus tard le Soleil étant en S sur son grand cercle horaire t et sur son petit cercle de déclinaison d la ligne horaire correspondant à t en provenance de l'équateur coupe l'équatoriale en A' sur le cadran et le rayon de Soleil SO' perce le cadran en B' sur la ligne horaire tabulaire H correspondant à t .

On constate que les angles $AO'B$ et $A'O'B'$ sont égaux car représentant la déclinaison d considérée constante pour les quelques heures de parcours de l'arc diurne.

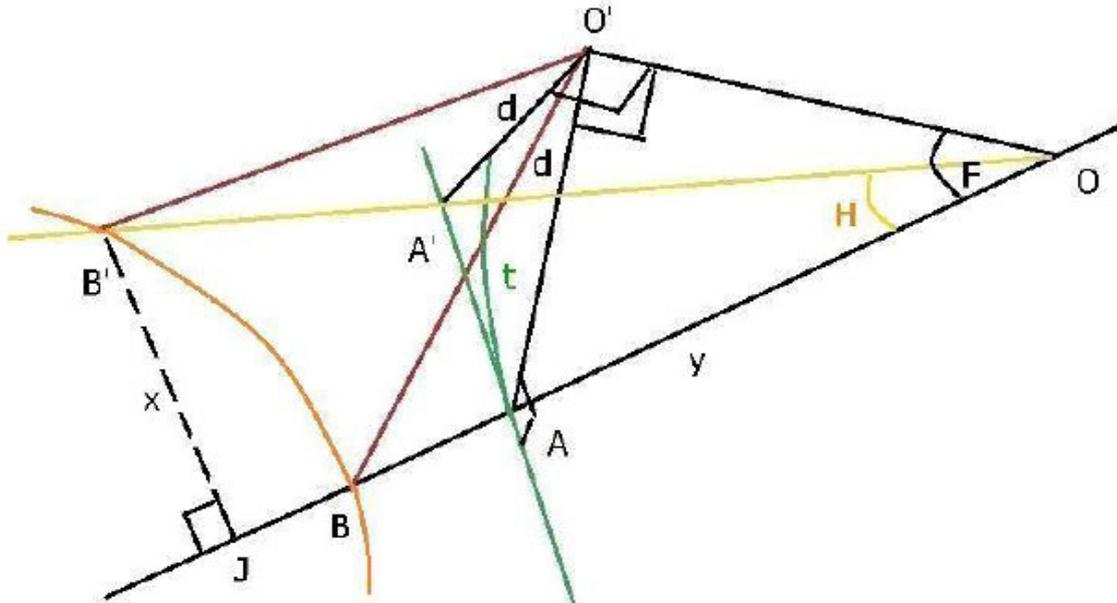


Fig 3

La figure 3 plus aérée montre cela plus facilement.

$AA'O'$ étant le plan de l'équateur céleste l'angle d de déclinaison étant constant la longueur du rayon va être plus ou moins longue selon l'angle horaire t . La détermination des différentes longueur de $O'B'$ et de AA' en fonction de t va permettre de tracer et la ligne horaire tabulaire et l'arc diurne correspondant à d .

On pose $OO' = 1$; latitude = F ; déclinaison = d

$$O'A' \cos t = O'A = 1 \operatorname{tg} F \rightarrow O'A' = 1 \operatorname{tg} F / \cos t$$

$$O'A' \sin t = AA' = (1 \operatorname{tg} F / \cos t) \sin t = 1 \operatorname{tg} F \operatorname{tg} t$$

$$O'\hat{O}A' \leftrightarrow O'\hat{O}B' \rightarrow O'A' / OO' = \operatorname{tg} O'\hat{O}B' = (1 \operatorname{tg} F / \cos t) / 1 = \operatorname{tg} F / \cos t$$

On connaît alors $O'\hat{O}B' \leftrightarrow O'\hat{O}A'$

Dans le triangle $O'B'O$ on a $O'B'O = \pi - (\pi / 2 + d + O'\hat{O}B') = \pi / 2 - (d + O'\hat{O}B')$

$$\sin O'B'O / 1 = \sin (\pi / 2 + d) / OB' \text{ et } OB' = 1 \cos d / \sin O'B'O$$

$$\sin O'\hat{O}B' / O'B' = \sin (\pi / 2 + d) / OB' \text{ et } O'B' = \sin O'\hat{O}B' \cdot OB' / \cos d$$

Dans le triangle $O'BO$ on a $O'BO = \pi - (\pi / 2 + d + F) = \pi / 2 - (d + F)$

Dans le triangle $O'AB$ on a $O'AB = \pi - (\pi / 2 - F) = \pi / 2 + F$

$$\sin (\pi / 2 - (d + F)) / O'A = \sin d / AB \text{ et } O'A = 1 \operatorname{tg} F \text{ et } AB = 1 \operatorname{tg} F \sin d / \cos (F + d)$$

Dans le triangle $O'OA'$ on a $O'A'O = \pi - (\pi / 2 + O'\hat{O}B') = \pi / 2 - O'\hat{O}B'$ d'où

$$O'A'B' = \pi - (\pi / 2 - O'\hat{O}B') = \pi / 2 + O'\hat{O}B' \text{ et le triangle } O'A'B' \text{ permet}$$

d'écrire :

$$\sin d / A'B' = \sin (\pi / 2 + O'\hat{O}B') / O'B' \text{ et } A'B' = O'B' \sin d / \cos O'\hat{O}B'$$

On retrouve la formule classique donnant l'angle tabulaire du cadran horizontal.

Dans le triangle OA'A on peut écrire :

$$A'A / OA = \operatorname{tg} H = 1 \operatorname{tg} F \operatorname{tg} t / (1 / \cos F)$$

$$\operatorname{tg} H = 1 \operatorname{tg} F \operatorname{tg} t \cos F / 1 \text{ et } \operatorname{tg} H = \sin F \operatorname{tg} t$$

Le point B' de l'arc diurne est alors connu par la quantité OB' portée sur la ligne horaire H.

En projetant le point B' en J sur la méridienne, on obtient les coordonnées rectangulaires de B' :

$$B'J = x = OB' \sin H$$

$$OJ = y = OB' \cos H$$

Remarque :

Les formules ci-dessus ont été établies dans le cas des déclinaisons négatives. Pour les déclinaisons positives les arcs diurnes se trouvent entre l'équinoxiale et l'axe polaire.

On obtient :

$$O'B'O = \pi / 2 - (O'\hat{O}B' - d)$$

$$OB' = 1 \cos d / \sin O'B'O \text{ sans changement}$$

$$O'B' = \sin O'\hat{O}B' \cdot OB' / \cos d \text{ sans changement}$$

$$AB = 1 \operatorname{tg} F \sin d / \cos (F - d)$$

$$A'B' = O'B' \sin d / \cos O'\hat{O}B' \text{ sans changement.}$$

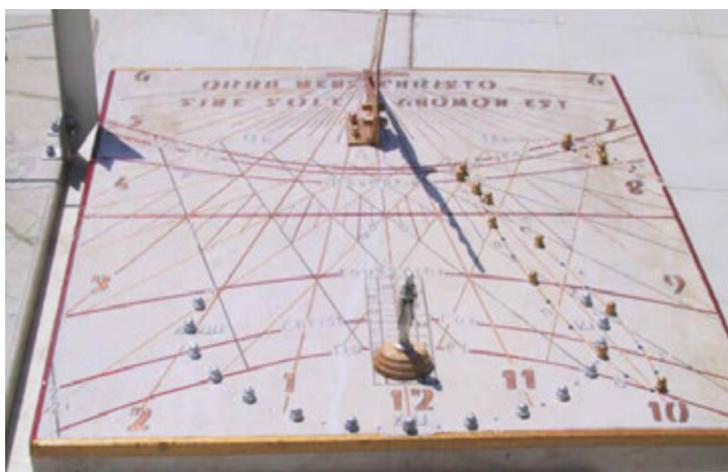
On entrera la valeur absolue de d pour le calcul.

Le reste des formules est sans changement.

Le 12 9 2014



Cadran horizontal



Cadran à indications religieuses de J. Pakhomoff.

Latitude 43.31305° Nord.

Longitude -5.4368° Est

Il indique les dates de certaines fêtes religieuses.

Les bas-reliefs de Temporiti à l'Observatoire de Paris



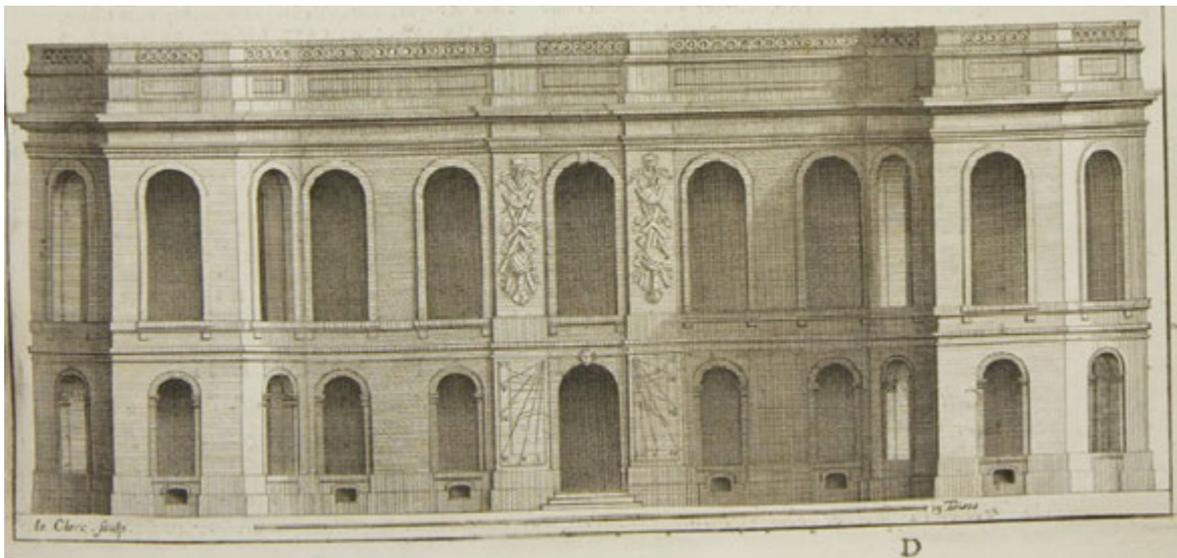
Denis Savoie

Etude des bas-reliefs de Temporiti sur la façade Sud de l'Observatoire de Paris et recherche sur d'hypothétiques cadrans.

Comme on le sait, l'Observatoire de Paris fut construit sur les plans de l'architecte Claude Perrault (1613-1688), le gros œuvre du bâtiment commencé en 1667 étant terminé cinq ans plus tard.

La façade Sud de l'Observatoire de Paris est ornée depuis sa fondation de bas-reliefs sous lesquels il était prévu, semble-t-il, de faire figurer deux cadrans solaires dont le dessin remonte à C. Perrault. Celui-ci, en grand admirateur de Vitruve, s'était lancé à la demande de Colbert dans une traduction commentée et annotée du *De Architectura* qu'il publia¹ en 1673.

Dans cette édition, C. Perrault agrémentait le texte de planches magnifiques décrivant parfois des bâtiments modernes, et c'est à cette occasion qu'il donna l'élévation de la façade Sud de l'Observatoire où l'on voit au premier étage les bas-reliefs de Temporiti et en-dessous, donc au rez-de-chaussée, deux cadrans solaires encadrant la porte d'entrée. Cette belle planche (fig. 1), gravée par le célèbre Sébastien Leclerc, n'est cependant pas tout à fait conforme aux règles de la gnomonique puisque les sens des heures du tracé du cadran vertical correspond à celui d'un cadran horizontal, avec des styles absents. Les arcs diurnes et la droite des équinoxes (bien horizontale puisque le cadran est méridional) sont au nombre de sept mais leur positionnement par rapport aux lignes horaires n'est pas très cohérent.



¹ Une seconde édition corrigée fut publiée en 1684. La première traduction du *De Architectura* en français datait de 1547. On trouvera une très belle édition moderne avec une introduction compétente de ce texte dans « Les dix livres d'architecture de Vitruve », préface de A. Picon, éd. Bibliothèque de l'Image, Paris, 1995.

On retrouve ces deux cadrans solaires dans une vignette représentant l'Observatoire dans l'ouvrage de Picard, *Voyage d'Uranibourg* paru à Paris en 1680, ainsi que dans une belle gravure de Coquart illustrant le bâtiment dans *l'Atlas curieux* de N. Defer édité à Paris en 1705, avec dans ce cas des arcs diurnes totalement fantaisistes.

Il est probable que ces deux cadrans solaires n'ont jamais été construits, bien que selon C. Wolf², ils auraient été détruits en 1843 lors de la réfection de la terrasse Sud : on les aurait recouverts de dalles très minces. Il est cependant étonnant que personne n'ait parlé de ces cadrans auparavant ; par exemple dans sa monumentale *Architecture Française* parue³ en 1752, J.-F.



Figure 2

Blondel donne une planche de la façade Sud du bâtiment, mais sans les cadrans solaires (fig. 2). Or il ne fait aucun doute que l'auteur, réputé pour son souci du détail, s'est inspiré de la gravure de Leclerc (même position de l'ombre, bas-reliefs très ressemblants) ; pourquoi alors ne pas avoir reproduit les cadrans si ce n'est que parce qu'ils n'existaient pas ?

Même remarque avec la superbe planche donnée par l'astronome Le Monnier⁴ qui montre l'état de l'Observatoire au début du XVIIIe siècle (fig. 3). Ou encore sur une gravure de François d'Orbay⁵ qui date de 1692.

Par contre toutes les planches de ces différents auteurs montrent bien les bas-reliefs de Temporiti : il est donc difficilement imaginable qu'on ait pas représenté des cadrans solaires, – qui plus est de dimensions importantes –, dont la finalité n'était pas seulement symbolique comme peuvent l'être les sculptures de Temporiti. On notera que dans les gravures précitées, les bas-reliefs sont, comme les cadrans solaires, sujets à des variations dans leurs représentations. Faisaient-ils partie du projet de Perrault dès l'origine ? Ont-ils subi des

² C. Wolf, *Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793*, Paris, 1892, p. 36. Cet ouvrage fait toujours autorité en ce qui concerne l'histoire de l'Observatoire ; la lithographie donnée dans la planche 3 corrige l'erreur du sens des lignes horaires du cadran vertical que l'on trouve dans la gravure de Leclerc.

Pour un aperçu moderne de l'Observatoire, voir J. Lequeux, L. Bobis, *L'Observatoire de Paris, 350 ans de science*, Paris, 2012.

Les représentations de la façade de l'Observatoire Royal par des artistes et des graveurs ne sont pas toujours fiables ; voir à ce propos l'excellent article de H. Louw, « The Windows of Perrault's Observatory in Paris (1667-1683) : The Legacy of a proto-modern Architectural Inventor », *Construction History*, vol. 19, 2003, p. 19-46.

³ J.-F. Blondel, *Architecture Française*, t. 2, Paris, 1752, chap. X.

⁴ P.-C. Le Monnier, *Histoire céleste*, Paris, 1741, p. xcij. Le Monnier étant l'auteur de la méridienne de l'église St Sulpice, on a du mal à concevoir qu'il n'ait pas fait figurer un cadran solaire sur un bâtiment royal dans ses planches. On pourrait donner d'autres exemples comme dans A. Manesson Mallet, *La géométrie pratique*, op. cit., Livre II, planche XXVIII. Quant à J.-D. Cassini (Cassini IV), *Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et à celle de l'Observatoire Royal de Paris*, Paris, 1810, la planche 1 ne fait figurer que les sculptures de Temporiti.

⁵ *Élévation du bastiment de l'Observatoire du côté du Midi*, fonds Robert de Cotte, 1744. On peut également citer la célèbre gravure de Perelle où là aussi les cadrans ont disparu de la façade.

modifications à une date inconnue ? Il est difficile de répondre ; seule une étude approfondie pourrait apporter un éclairage⁶. On notera toutefois que l'horloge sculptée en bas du côté Ouest ressemble de façon très frappante à l'illustration que donne C. Huygens dans son *Horologium oscillatorium* parue à Paris 1673. Ce qui donne peut-être une indication sur la date de réalisation des sculptures.

On pourrait croire d'ailleurs, lorsque l'on regarde les bas-reliefs, qu'un cadran solaire a été mêlé aux nombreux instruments qui forment les sculptures qui ornent la façade (cadran de Regiomontanus). Ceux-ci, on l'a dit, sont l'œuvre du sculpteur d'origine italienne⁷, Joseph François (Francesco) Temporiti (Milan 1634 – Paris 1674), qui a aussi travaillé au château de Versailles et au Louvre. Temporiti avait également sculpté un décor sur le fronton de la façade Nord de l'Observatoire de Paris, décor qui fut détruit par la suite⁸.



Figure 3

En général, les ouvrages qui mentionnent les bas-reliefs restent assez vagues sur leur contenu : on parle de « globes » et « d'instruments » mais personne, à notre connaissance, ne s'est attelé à les décrire. Il faut dire que leur identification n'est pas aisée pour des raisons de visibilité d'une part, et d'autre part parce que les instruments d'astronomie⁹ proprement dit ne sont pas majoritaires.

⁶ J.-D. Cassini (dit Cassini IV), *Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et à celle de l'Observatoire Royal de Paris*, op. cit., p. 184-188, parle de « délabrement », « d'état déplorable » du bâtiment avant qu'il ne fut restauré. Cela concerne-t-il aussi les sculptures ?

⁷ On sait très peu de choses sur la vie de Temporiti ; voir E. Bénézit, *Dictionnaire des peintres, sculpteurs, dessinateurs et graveurs*, Gründ, 1999, t.13.

⁸ Ce décor est visible sur une gravure de Sébastien Leclerc donnée par C. Perrault dans son édition *Les dix livres d'architecture de Vitruve*.

⁹ Il n'existe pas d'archives à l'Observatoire de Paris sur les plans de construction et sur les bas-reliefs. Rappelons en outre que les documents de C. Perrault ont été détruits lors de l'incendie de la bibliothèque du Louvre en 1871. Concernant les instruments scientifiques des XVIIe et XVIIIe siècles, voir le classique traité de N. Bion, *Traité de la construction et des principaux usages des instrumens de mathématique*, Paris, 1716. On trouvera des descriptions des instruments de topographie et de mathématiques du XVIIe siècle (notamment le premier chapitre du Livre I), accompagnées de très nombreuses planches figurant l'utilisation pratique des instruments dans A. Manesson Mallet, *La géométrie pratique*, Paris, 1702, en 4 Livres. On consultera avec profit l'*Encyclopédie méthodique*, Paris, 1783, en 3 vol., où de nombreuses explications et planches sont données.

Voir également M. Daumas, *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*, PUF, Paris, 1953. A. Turner, *Early Scientific Instruments : Europe, 1400-1800*, London, 1987. On trouvera une iconographie conséquente dans C. Frémontier-Murphy, *Les instruments de mathématiques, XVIe-XVIIIe siècles*, éd. Musée du Louvre, Département des objets d'art, Paris, 2000. Voir également H. Demorlane, *L'art de reconnaître les instruments scientifiques anciens*, éd. Hachette, Paris, 1974.

Vus de loin, on note une certaine symétrie dans les deux bas-reliefs qui encadrent une fenêtre, celle-là même qui donne sur la salle Cassini où se trouve la célèbre méridienne.

Certains instruments sont assez faciles à identifier, même sans être spécialiste, – comme les globes par exemple –, mais dès qu'on se rapproche un peu du bâtiment, on a comme une impression de « fouillis » à certains endroits où il devient difficile de démêler des objets enchevêtrés. Il ne fait cependant aucun doute pour le visiteur qui regarde ces sculptures qu'on a à faire à des objets scientifiques¹⁰ (fig. 4) qui, à l'instar des frontispices placés en page de titre d'un ouvrage, renseignent sur l'usage du bâtiment et la finalité des études qu'on y mène. Il n'est pas imaginable que Temporiti ait décidé seul de l'agencement et des objets scientifiques



Figure 4

qu'il fallait faire figurer ; il est possible que C. Perrault, et peut être d'autres membres de l'Académie, aient contribué à leur choix. Il se peut aussi que Cassini soit directement intervenu puisqu'il était présent sur site dès 1669.

On ne perdra pas de vue qu'il s'agit d'une vision esthétique qui a pour conséquence un effet d'échelle, où par exemple un compas à pointe sèche peut être aussi grand qu'un astrolabe planisphérique. Ajoutons que certains instruments sont d'une telle sobriété que leur identification est parfois incertaine¹¹.

Trois types d'instruments sont représentés dans ces bas-reliefs :

- des instruments d'astronomie
- des instruments d'arpentage (ou de façon moderne, de topographie)
- des instruments mathématiques

Les plus nombreux sont les instruments de topographie puisqu'on en compte 15 et les instruments mathématiques 10 (plusieurs instruments sont en double voire en triple) et enfin les instruments d'astronomie (7). Il faut quand même rajouter les 4 lunettes astronomiques de fond de décor (ce qui porte à 11 les instruments astronomiques) ainsi que 3 règles (ce qui porte à 13 les instruments de mathématiques).

L'agencement des bas-reliefs se structure en deux fois six blocs (fig. 5) bien qu'en toute rigueur il y a un septième bloc dans le bas-relief de droite : pour équilibrer le « bas droit » et faire pendant au « bas gauche », Temporiti a placé des jalons d'arpentage sous la boussole qui répondent aux poids lestés de l'horloge.

De la gueule d'un lion qui orne l'extrémité haute des deux bas-reliefs, maintenu entre ses dents, part un cordon auquel sont attachés tout un tas d'instruments disposés verticalement

¹⁰ La figure 4 est issue de F. Bocqueraz, *Cadrans solaires et méridiennes disparus de Paris, un parcours alchimique*, 2014, ouvrage sur CD disponible auprès de l'auteur frsavoie@gmail.com.

¹¹ Dans le cas où l'identification d'un instrument pose un problème, un point d'interrogation est placé entre parenthèses à côté.

et que l'on peut diviser en six blocs chacun : les blocs qui ne constituent qu'un seul instrument (quatre de chaque côté) et les blocs qui sont une superposition de plusieurs autres instruments qui s'entremêlent (deux de chaque côté).

En arrière plan, comme une sorte de décor de fond sur lequel on aurait plaqué les instruments, se trouvent quatre tubes, qui figurent sans doute des lunettes astronomiques, et qui se croisent au sommet des globes. Ils sont accompagnés d'une règle graduée (toise) pour le côté Ouest et de deux règles graduées pour le côté Est.

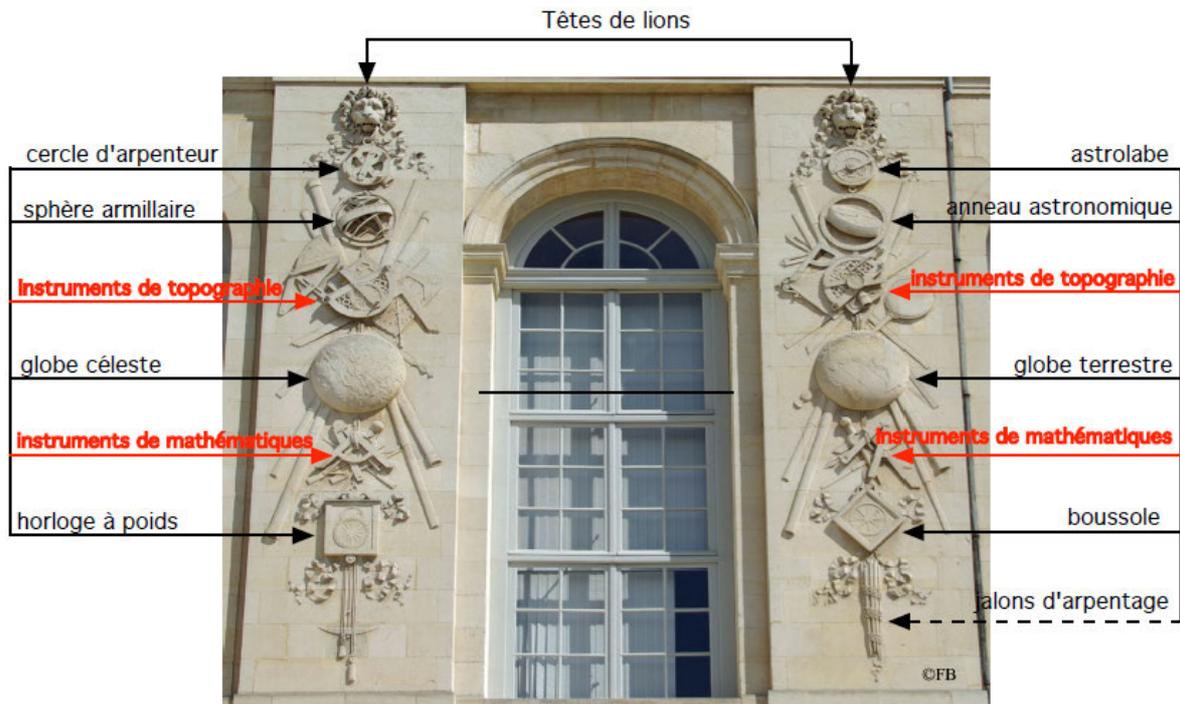


Figure 5

1 – Les instruments du bas-relief côté Ouest de la façade, décrits de bas en haut (fig. 6)

- Cercle d'arpenteur (ou encore cercle entier). Repose sur son pied¹² visible sur le côté gauche. Utilisé en position horizontale, le cercle d'arpentage permet sur le terrain de nombreuses opérations, notamment de vérifier la perpendicularité des alignements ou de faire des mesures d'angles. On voit ici quatre pinnules placées à 90° les unes des autres avec au centre une alidade ; le limbe est gradué de stries.
- Sphère armillaire. Instrument ancien d'observation remontant à l'Antiquité, la sphère armillaire au XVIIe siècle est devenue un instrument à vocation pédagogique ou de simple décoration. L'épais bandeau oblique de la sphère représente l'écliptique sur lequel sont gravés les signes du zodiaque (difficilement visibles). L'axe de la sphère doit faire en théorie un angle de 41° environ avec l'axe vertical ;

¹² C. Frémontier-Murphy, *Les instruments de mathématiques, XVI^e-XVIII^e siècles*, op. cit., p. 283. Voir pour plus de détails A. Manesson Mallet, *La géométrie pratique*, op. cit., Livre III, planche XXV et explications p. 82-84.

tout le limbe de l'armille méridienne est gradué de stries. On reconnaît également l'équateur, les deux tropiques, les cercles polaires.

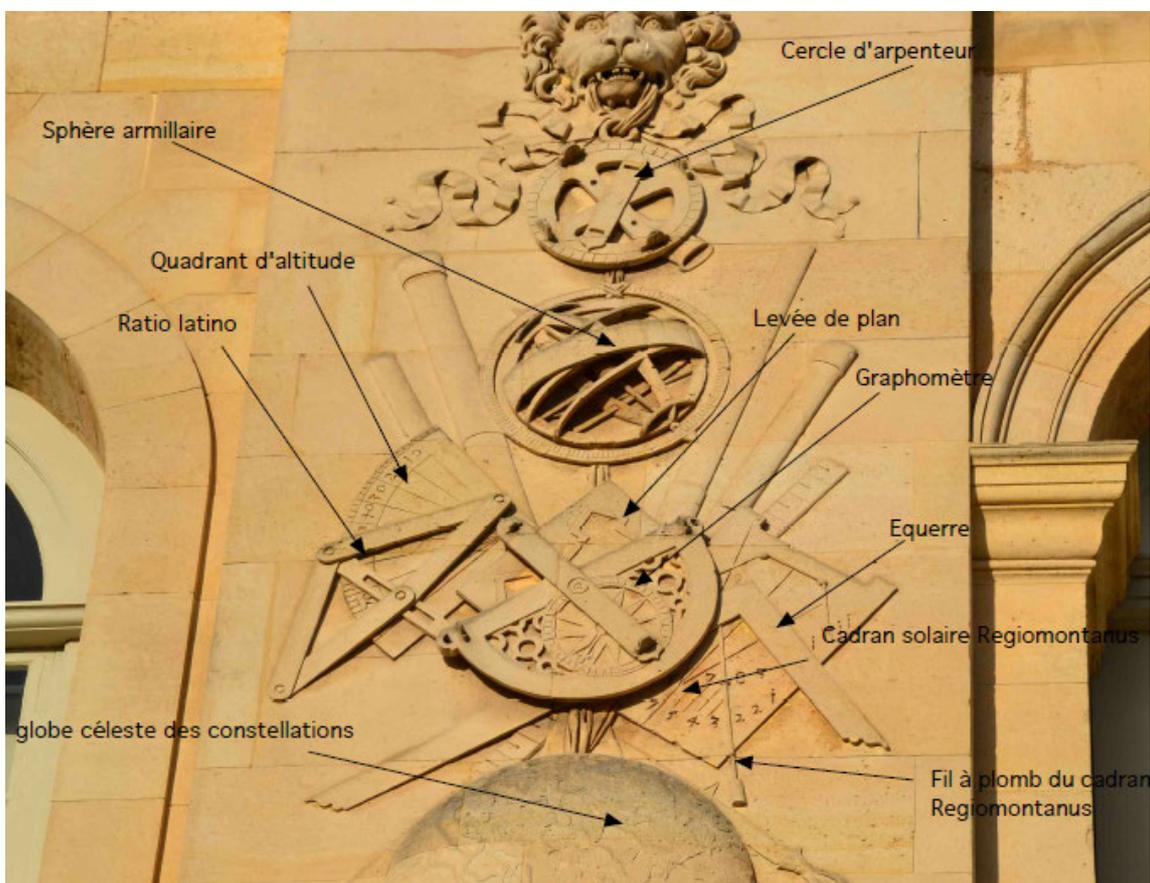


Figure 6

Six instruments sont mêlés entre la sphère armillaire et le globe des constellations. Il s'agit d'instruments d'arpentage, que l'on utilisait sur le terrain pour les mesures topographiques. De gauche à droite on trouve successivement :

- Un quadrant d'altitude simple. C'est un secteur dont le limbe est gradué de 0° (ce chiffre n'est pas inscrit) à 90° , qui servait à mesurer la hauteur d'un objet visé au-dessus de l'horizon.
- Sur le quadrant d'altitude est posé un *ratio latino* dont la cheville à coulisse est bien visible ; le pied de l'instrument se prolonge vers la droite et se termine à côté de la sphère céleste. Cet instrument d'arpentage, qui date de la seconde moitié du XVI^e siècle, ainsi nommé par son inventeur¹³ Latino Orsini, servait à mesurer des hauteurs et des distances. Le parallélogramme sculpté ici par Temporitani est presque fermé pour former quasiment un triangle.
- Sur le cadran d'altitude est également posée une levée de plan, sans doute celle d'un bastion étant donné sa forme polyédrique.

¹³ Voir le traité de Latino Orsini, *Trattato del Ratio Latino*, Rome, 1586, où sont donnés des planches qui illustrent l'utilisation de l'instrument (l'édition *princeps* date de 1583). On consultera également J. Heilbron, *Astronomie et églises*, éd. Belin-Pour la Science, Paris, 2003, p. 80-81.

- Un cadran de hauteur de type Universel de Regiomontanus, qui inclurait le fil muni d'un plomb lesté, relié de son bras articulé de réglage¹⁴.
- Une équerre posée sur le cadran solaire.
- L'ensemble est surmonté par un graphomètre, instrument majeur de la géodésie¹⁵ au XVIIe siècle. On voit nettement l'alidade mobile avec ses deux pinnules mais le limbe n'est pas gradué ; il comporte par contre lui aussi deux pinnules. Cet instrument servait essentiellement à relever des distances angulaires. Le centre du secteur semble occupé par une boussole avec son aiguille terminée par une fleur de lys.
- Globe céleste. Il s'agit d'un globe sur lequel sont sculptées les constellations vues de l'extérieur de la sphère céleste. On identifie nettement le Scorpion, la Balance, la Vierge, le Centaure, le Loup, le Serpent, le Serpenteur. Les signes zodiacaux recouvrent l'écliptique divisé par des stries et au-dessus se trouve l'équateur céleste.

Cinq instruments sont mêlés entre le globe céleste et l'horloge à poids (fig. 7). Il s'agit d'instruments dits « de cabinet » ou de mathématiques, autrement dit de travail dans un bureau pour le dessin des cartes et des plans ainsi que pour le calcul. Du dessous à la surface, on trouve successivement :

- Un tube qui semble être un compas à ressort¹⁶ ou une lunette d'approche (?).
- Juste au-dessus une règle parallèle, bien reconnaissable à ses deux lames de jonction¹⁷.
- Un compas topographique, instrument qui apparaît dans la seconde moitié du XVIe siècle. On peut le considérer comme l'ancêtre des règles à calcul¹⁸ ; il en existe de nombreuses variantes.
- Un compas à tête ronde dont la pointe sèche est bien visible.
- Enfin une équerre surmonte l'ensemble de ce matériel d'instruments mathématiques.
- Horloge à pendule à contrepoids. Une telle horloge servait à relever l'heure à la seconde des observations astronomiques, qui étaient généralement faites à l'aide d'un Quart de cercle ou d'une lunette. On voit sur le bas-relief les deux contrepoids et au-dessus le balancier. Le cadran de l'horloge ne comporte qu'une seule aiguille

¹⁴ Sur ce cadran, voir Y. Massé, *De l'analemme aux cadrans de hauteur*, ouvrage disponible auprès de l'auteur y Masse2@wanadoo.fr. On notera que la somme des chiffres du haut (5 + 7 + 8 + 3) est égale à la somme des chiffres du bas (7 + 5 + 4 + 3 + 2 + 2) = 23. Est-ce un hasard si le nombre de lettres contenues dans Joseph François Temporiti comporte aussi 23 lettres ? Il reste qu'un chiffre sur la droite du cadran n'est pas cohérent car on devrait avoir au-dessus du 3 un 9 (et pas un 3) ; au-dessus du 2 se trouve un 10 et au-dessus du 1 un 11, le 1 des nombres 10 et 11 étant sculptés comme i.

On pourrait également penser que cette table avec des chiffres représente une échelle des parties proportionnelles ou échelle de réduction de fraction avec dans ce cas un fil à plomb (avec des repères) indépendant, posé sur l'instrument précédent.

¹⁵ Instrument inventé à la fin du XVIe siècle par Ph. Danfrie. Voir son traité *Declaration de l'usage du graphomètre....*, Paris, 1587, où de nombreuses planches et descriptions sont données. Voir C. Frémontier-Murphy, *Les instruments de mathématiques, XVIe-XVIIIe siècles*, op. cit., p. 289. Voir aussi A. Manesson Mallet, *La géométrie pratique*, op. cit., Livre II, p. 37.

¹⁶ Bion, op. cit., p. 79.

¹⁷ Bion, op. cit., p. 95.

¹⁸ Voir par exemple D. Henrion, *L'usage du compas de proportion*, Paris, 1631, ainsi que A. Manesson Mallet, *La géométrie pratique*, op. cit., Livre II, chap. VI.

qui indique 4 h 30 m. Notons qu'il s'agit sans doute d'une horloge basée sur la pendule de Huygens¹⁹.

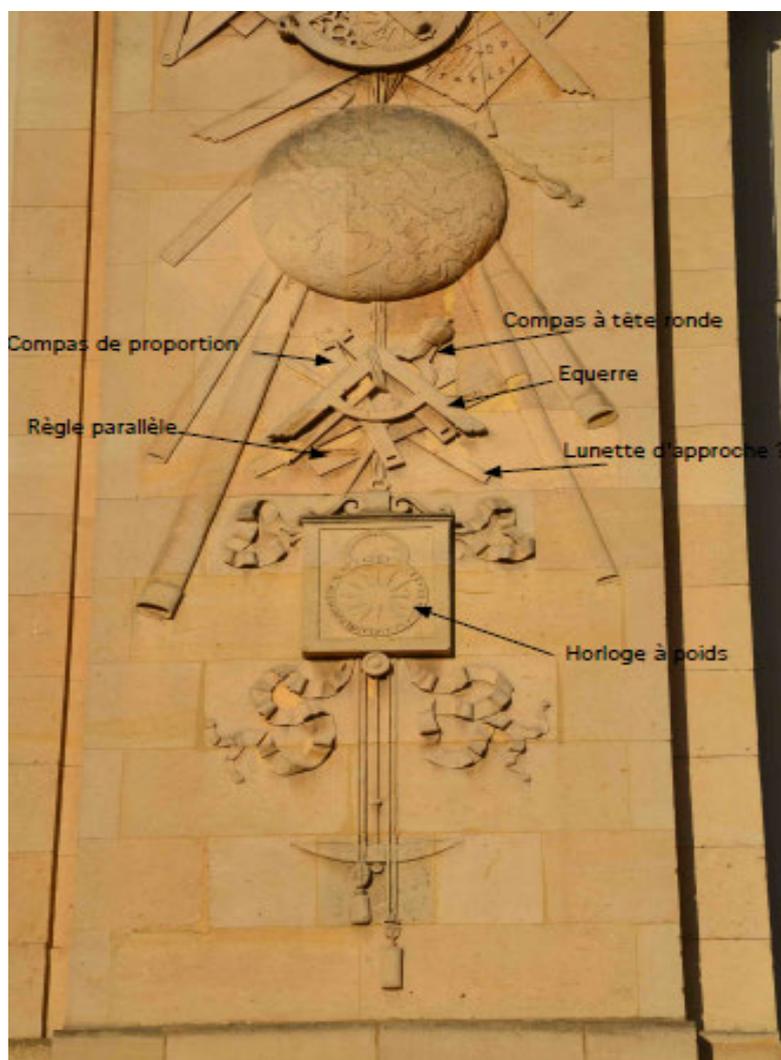


Figure 7

2 – Les instruments du bas-relief côté Est de la façade, décrits de bas en haut (fig. 8)

On retrouve comme sur les bas-reliefs côté Ouest, la structure verticale en blocs, tous raccordés par un double cordon qui sort de la gueule du lion.

- Astrolabe planisphérique. Instrument de calcul et de pédagogie remontant à l'Antiquité, l'astrolabe a longtemps figuré sur les frontispices comme l'emblème des astronomes ; son usage comme instrument de mesure des hauteurs est toutefois attesté dans certains ouvrages de topographie²⁰ mais il s'agit alors du dos de l'astrolabe. On voit ici l'araignée de l'astrolabe avec l'écliptique excentré et en

¹⁹ Bion, *op. cit.*, p. 262-266 qui s'est sans doute inspiré pour sa planche de C. Huygens, *Horologium oscillatorium*, *op. cit.*, planche IV.

²⁰ A. Manesson Mallet, *La géométrie pratique*, *op. cit.*, Livre II, p. 139.

dessous le tympan avec un réseau de courbes, l'ensemble étant surmonté d'une alidade où sont gravées des repères.

- Anneau astronomique. A l'origine, cet instrument permet de déterminer l'heure solaire et de connaître l'orientation Nord-Sud géographique ; c'est un cadran solaire de hauteur auto-orientable²¹. On voit ici l'anneau méridien avec des graduations sous forme de stries et dans le plan polaire, un anneau muni d'une alidade. Ce plan polaire est lui aussi muni de divisions sous forme de stries.

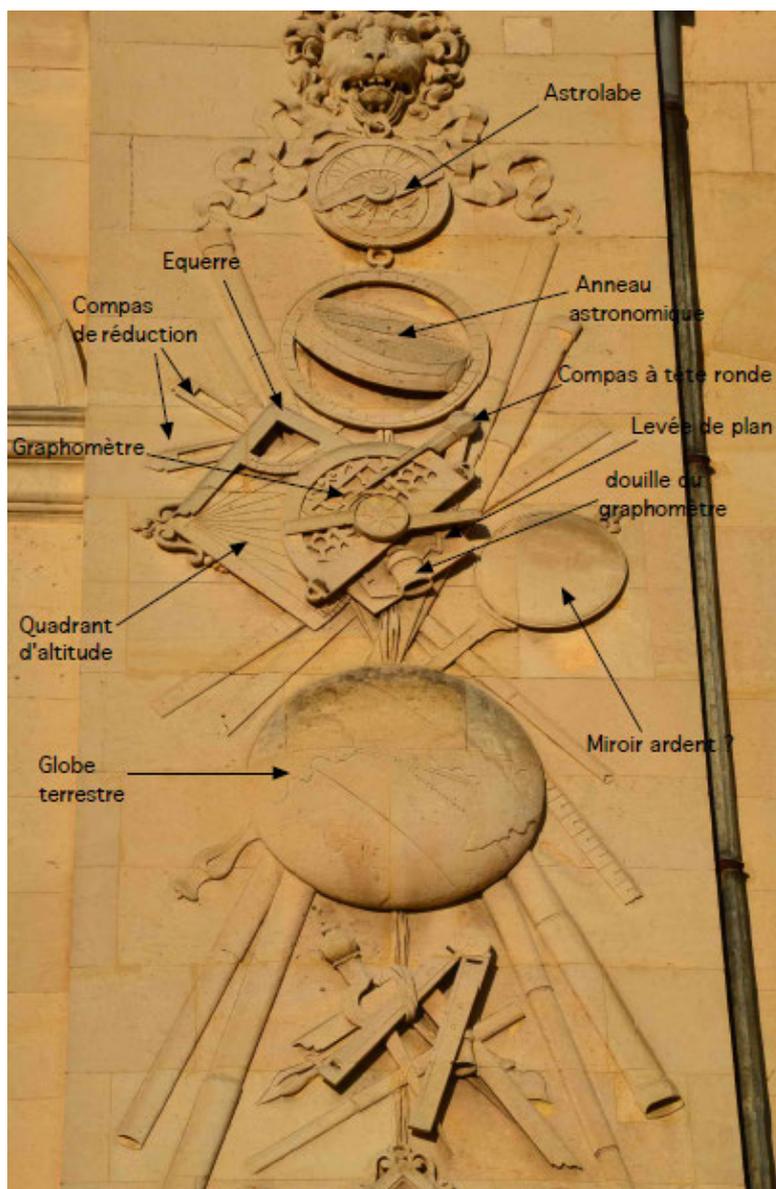


Figure 8

Sept instruments sont mêlés entre l'anneau astronomique et le globe terrestre. Il s'agit d'instruments d'arpentage. De gauche à droite, on trouve successivement :

²¹ *Encyclopédie méthodique, op. cit.*, vol. 1, p. 63, planche 249.

- Les deux pointes sèches d'un compas de réduction réglable.
- Un quadrant d'altitude simple dont la graduation 10 est visible.
- Posée sur le quadrant d'altitude, une levée de plan avec sa forme polyédrique reconnaissable.
- Posé sur la levée de plan, un graphomètre avec son alidade rattachée au centre par ce qui semble être une boussole. Deux pinnules sont visibles sur le limbe.
- Enfiché dans le graphomètre, un compas à tête ronde dont une pointe repose sur la partie ajourée du graphomètre.
- Au même niveau se trouve une équerre avec un secteur gradué.
- L'objet de grande dimension (son pied part de la partie inférieure droite du globe terrestre) dont le sommet est occupé par un cercle pourrait être un miroir ardent (ou un odomètre) (?).

- Globe terrestre. Sur ce globe sont représentés l'Afrique, la mer Méditerranée, une partie de l'Europe et l'Amérique du Sud qui semble reliée à l'Antarctique (avec des limites chaotiques). L'équateur terrestre est très mal positionné et la matérialisation de ce qui semble être l'écliptique n'a pas de sens ici.

Cinq instruments sont mêlés entre le globe terrestre et la boussole (fig. 9). Il s'agit d'instruments de mathématiques. Du dessous à la surface, on trouve successivement :

- Un porte craie et son tire-ligne.
- Une lunette d'approche²² (?).
- Une équerre simple.
- Un compas à tête ronde.
- Un compas de proportion adapté à la topographique (qui est attaché par le cordon à l'équerre) avec sa douille.

- Boussole. Présenté sur une pointe, le carré figure une boussole avec une rose des vents à huit pointes ; l'aiguille ornée d'une fleur de lys pointe vers la direction Nord, placé au milieu d'un côté de la boussole.

- Jalons d'arpentage pour piquage. Dix piquets maintenus ensemble par trois chaînettes figurent un instrument usuel des arpenteurs qui servait à mesurer sur le terrain des distances.

La prédominance des instruments de topographie et de mathématiques dans ces bas-reliefs (fig. 10 et 11) rappelle les raisons qui ont poussé Louis XIV et Colbert à fonder l'Observatoire de Paris : l'astronomie était notamment au service de la cartographie du royaume (sans parler des travaux de nivellement pour l'adduction des eaux à Versailles). Le bâtiment restera d'ailleurs pendant un siècle le foyer de la géodésie. L'Observatoire était prévu comme une maison pour l'Académie en général, et pas seulement pour un lieu dédié à l'astronomie : il n'est donc pas étonnant que les bas-reliefs qui ornent sa façade représentent la totalité de ses activités.

²² A. Manesson Mallet, *La géométrie pratique, op. cit.*, Livre I, planche CXVII.

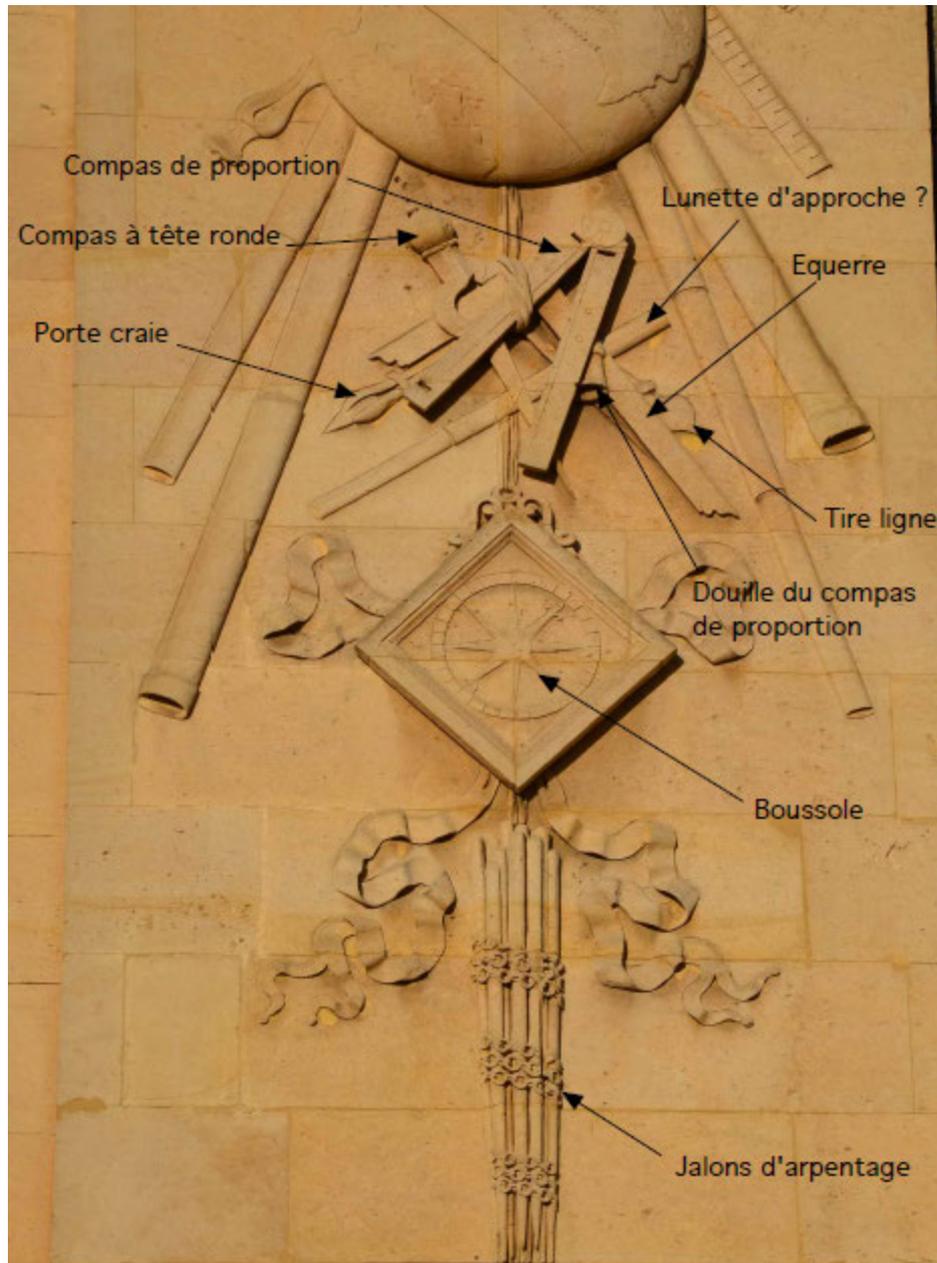


Figure 9

Tous mes remerciements vont à Anthony Turner et Michel Morizet pour leur aide dans l'identification des instruments, ainsi qu'à Sabine et Sophie qui ont suscité cette étude.

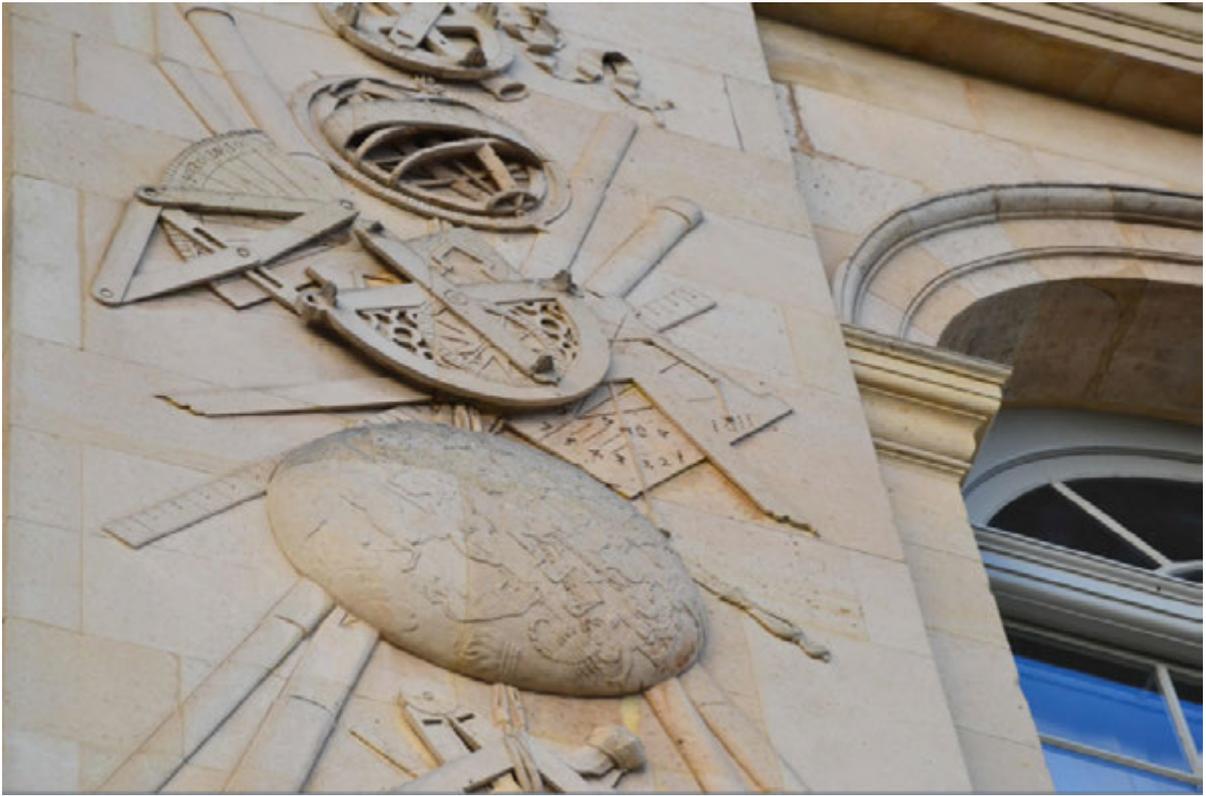


Figure 10



Figure 11





Archéologie, gnomonique et imposture

Jérôme Bonnin – Denis Savoie

Le cadran solaire peut être un formidable support artistique, pédagogique, renvoyer à des notions mathématiques complexes. Objet historique avec plus de 3000 ans d'histoire, il peut également être sujet à des interprétations pour le moins surprenantes. C'est le cas dans deux articles récents ayant eu un écho dans certaines publications gnomoniques.

L'histoire des sciences est une discipline complexe. Une démarche d'explication de faits, d'instruments, qui ne respecte pas une certaine rigueur historique et scientifique, est donc vouée à l'échec ou dangereuse. Surtout quand il est question de faire dire à des objets ou des « structures » qui fascinent des choses qui sont anachroniques ou non avérées. C'est manifestement le cas dans deux articles publiés dans la revue¹ *Archaeoastronomy and Ancient Technologies* par L. Vodolazhskaya : « Analemmatic and horizontal sundials of the Bronze Age (Northern Black Sea Coast) » en 2013, p. 68-88, et « Reconstruction of vertical and L-shaped ancient Egyptian sundials and methods for measuring time » en 2014, p. 1-18. Maladroitement traduits du Russe en Anglais, ils abondent en formules, dessins et diagrammes saisissants. Le fond n'est malheureusement pas à la hauteur de la forme et ajoute aux nombreuses fantaisies gnomoniques déjà publiées sur l'Égypte ancienne ou les civilisations protohistoriques de l'Europe de l'Est.

Le but des lignes qui suivent est de mettre en garde face à ces articles extrêmement « scientifiques » de prime abord. On n'y trouvera donc pas de résumé, ni de critique de chacune des théories avancées. Au lecteur de se faire sa propre opinion, en connaissance de cause².

- Le cas du « cadran solaire » égyptien : la première pointeuse historique ?

En 2013, une équipe de l'Université de Bâle mettait au jour dans la région de la Vallée des Rois un fragment de calcaire peint (*fig. 1*) présentant un faisceau de lignes rayonnant et dont le centre est matérialisé par un orifice³. L'objet daterait de 1300 avant notre ère d'après le contexte archéologique⁴. Très rapidement, ce fragment de calcaire est devenu l'attention de personnes qui y ont vu le premier cadran à heure équatoriale et à style polaire de l'histoire. Au premier abord, il semble s'agir d'instruments utilisant la direction donnée par une ombre sur

¹ La revue *Archeoastronomy and Ancient Technologies* est toute récente puisque le volume 1 date de 2013 ; elle se présente comme une revue à referees. Quatre numéros ont été publiés et dans trois volumes, Larisa Vodolazhskaya a commis un article. On se demande comment le comité scientifique de cette revue a pu laisser publier de tels articles.

² Les articles sont téléchargeables sur : <http://aaatec.org/documents/article/v12.pdf> ; <http://aaatec.org/documents/article/v14.pdf>

³ Cf. par exemple R. Gautscher, S. Bickel, « A Sundial found in the Egyptian Valley of the Kings », *BSS Bulletin* 25(iv), 2013, p. 2-7.

⁴ Il existe trois autres objets relativement similaires. Le premier a été découvert à Gaza au début du XXe siècle et demeure introuvable. Le second, découvert à Louksor, est conservé à Berlin (Inv. no 20 322), le troisième est conservé à Bruxelles (Inv. no E 7330).

une surface, et non plus la longueur de cette ombre, autrement dit il semble s'agir de cadrans solaires verticaux. Ainsi le pendentif de Gaza taillé dans une défense d'éléphant, de 57 mm de longueur avec, sur un côté, un faisceau de lignes rayonnant vers un orifice. Il s'agirait, avec celui découvert par l'université de Bâle en 2013, des plus anciens : ils dateraient de 1300 avant notre ère. Les deux autres sont gréco-romains et ont pu être influencés par les cadrans plans verticaux de cette époque.

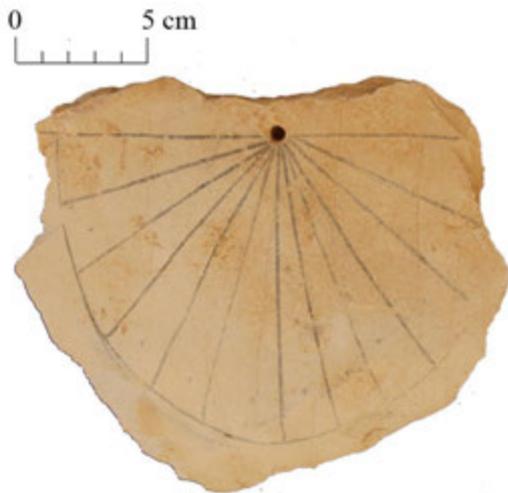


Fig. 1. Cliché de l'objet mis au jour dans la Vallée des Rois en 2013.

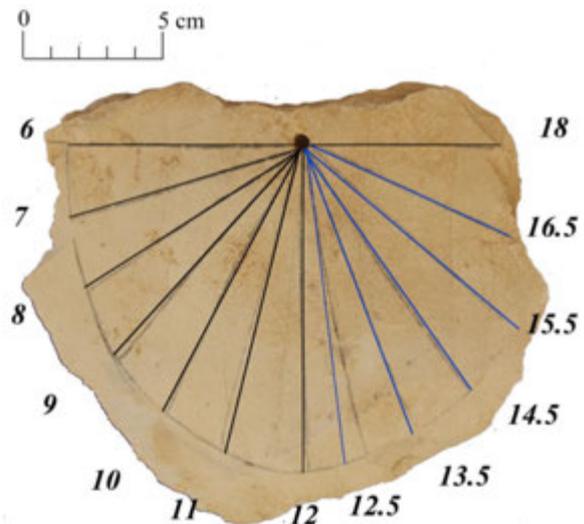


Fig. 2. Tracé horaire surligné et interprété par L. Vodolazhskaya

Le débat actuel à propos de ces objets porte donc sur leur fonction, ainsi que sur la nature des lignes et du système horaire qu'il semble véhiculer s'il s'agit de cadrans solaires. En effet, le demi-cercle formé est divisé en douze segments d'à peu près 15°, avec des lignes qui convergent vers le centre. Cela suscite deux hypothèses. Il peut d'abord s'agir de cadrans marquant des heures équinoxiales, et donc les Égyptiens, en 1300 avant notre ère, connaissaient le style polaire (parallèle à l'axe de rotation de la Terre) et les heures égales, ce qui n'est pas prouvé historiquement ; il peut aussi s'agir, et c'est là l'hypothèse que nous retiendrons, d'instruments marquant un instant temporel au moyen d'un style droit sur une table tracée au moyen de rapports géométriques et non gnomoniques, et dans ce cas il s'agit de tentatives sans fondements scientifiques. Par ailleurs, la mise en station de ce type d'instrument devait être particulièrement difficile, car ils ne peuvent pas être fixés à un support (il n'existe pas de système d'accroche) ; l'utilisateur doit donc les orienter en connaissant parfaitement la direction Nord-Sud. Ce préalable, facile à réaliser de nos jours, l'était beaucoup moins à l'époque et demandait du temps et des mesures. Dès lors, l'utilité d'un cadran portatif (il s'agit de petits objets) perd tout son intérêt.

Dans ce contexte, L. Vodolazhskaya produit un article qui va encore plus loin dans l'interprétation et dans les hypothèses de fonctionnement. Il s'agirait, selon l'auteur, d'un cadran de chantier qui indiquait des heures équinoxiales, avec des heures pleines le matin, et des heures et demi l'après midi. Cependant, comme le schéma scientifique désiré ne correspond pas parfaitement à la réalité (*fig. 2*), notamment pour la ligne de « 12h30 » elle nous explique que c'est probablement parce que cette ligne n'est pas importante, parce qu'il est fort possible qu'entre « 12h00 » et « 13h30 » (la ligne suivante), les ouvriers effectuaient leur

pause (sieste, repas) et ne regardaient donc pas l'heure⁵. L'explication manque cruellement de rigueur scientifique... De même, elle suppose que les points présents entre chaque rayon représentent une « demi-heure », mais cela n'est valable que le matin, car l'explication ne tient que pour cette période. L'après-midi, comme il ne peut plus s'agir de « demi-heure », les points ne sont plus importants et aucune explication n'en est plus donnée. Si l'on suit le raisonnement, dès 1300 avant notre ère, le style polaire et les heures équinoxiales étaient monnaies courantes, puisque l'on en retrouve même sur de piètres cadrans de chantier, et on faisait sa pause déjeuner entre 12h00 et 13h30 dans la Vallée des Rois.

Mais les propositions révolutionnaires ne s'arrêtent pas là. Comme aucune indication horaire n'est indiquée, et qu'il devait, par conséquent, être bien difficile de lire l'heure sur un tel cadran, L. Vodolazhskaya imagine que ce cadran vertical et le cadran à ombre en forme de L⁶ fonctionnaient en complémentarité (**fig. 3**). En effet, les cadrans « règles » ou en forme de L comportent toujours des indications horaires en hiéroglyphes. La lecture des indications du cadran en L permet donc d'interpréter l'heure donnée par l'ombre sur le cadran vertical⁷... Seuls les prêtres et personnes cultivées étaient donc à même de lire l'heure, grâce à ce cadran en L et de contrôler ce temps. Il est difficile de ne pas être étonné par la grossièreté, et parfois même le comique des explications.

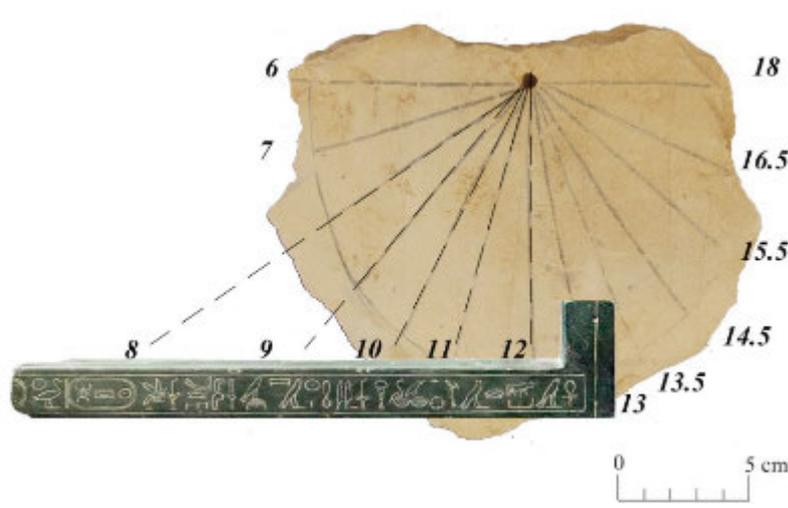


Fig. 3. Démonstration de la complémentarité du cadran à ombre avec le cadran à style polaire de la Vallée des Rois...

⁵ P. 6 : The most striking exception is the hour line corresponding to 12.5 hours (...). We assume, that the line of 12.5 hours was applied formally **had of little importance compared with the other hour lines**. It is possible that the time from 12 (noon) to 13.5 hours was **merged** and corresponded midday rest of workers, near the stone dwellings that sundial had been discovered.

⁶ Autre spécificité égyptienne en terme de mesure du temps. Ces cadrans ont également excité l'imagination de nombreux chercheurs. La meilleure synthèse, ou du moins la plus prudente, reste celle de S. Symons : S. Symons, *Ancient Egyptian Astronomy: Timekeeping and Cosmography in the New Kingdom*, thèse effectuée en vue du grade de docteur en philosophie, département de mathématique et de science informatique soutenue à l'université de Leicester en 1999, p. 127-151.

⁷ P. 12 : « L-shaped sundial complement vertical sundial, providing an opportunity to read the caption to hour marks and interpret indications of the vertical sundial, **because no inscriptions on the vertical sundial**. Perhaps this was done on purpose in order to limit circle of people who can interpret the indications of vertical sundial. It appears that determine the time could only specially prepared and authorized people are likely representatives of the priesthood ».

Malgré l'apparente démarche scientifique, comment prendre au sérieux les explications données dans cet article ? Il est assez aisé de faire correspondre des mesures à des formules, de trouver des rapports entre toute chose quand on souhaite en trouver ou quand on oublie les faits historiques. Car la première chose qui frappe dans cet objet c'est son aspect rudimentaire. Il est incisé sans soin, sur un bout de calcaire à peine épannelé, et jeté avec d'autres débris dès la plus haute Antiquité. Comment voir alors dans cet objet une horloge évoluée, un cadran marquant des heures équinoxiales sur ce qui était, il faut le rappeler, une aire dévolue aux ouvriers, un lieu banal et où le temps n'avait pas la même importance que dans les temples ou les lieux du pouvoir ? Certes, on ne peut qu'être frappé par la ressemblance de ces objets avec nos cadrans verticaux, mais, encore une fois, il faut rester prudent et ne pas céder à la tentation de calquer nos conceptions modernes sur des objets antiques. Cela ne peut aboutir qu'à des non-sens ou, pire, à des aberrations historiques.

- Un cadran analemmatique datant de l'âge de bronze

Larisa Vodolazhskaya, l'inénarrable archéologue russe, ne voit pas seulement dans un fragment de calcaire égyptien de 1300 av. J.-C. un cadran solaire à heures équinoxiales. Elle croit démontrer que des traits gravés sur des pierres de tumulus datant de l'âge de bronze (XIII-XII siècles av. J.-C.) représentent des cadrans solaires analemmatiques (**fig. 4 et 5**). Sa conclusion est sans ambiguïté : *Ainsi dans cette étude, nous avons prouvé que le côté A de la plaque Popov Yar-2 est un cadran solaire ancien : simultanément horizontal et analemmatique. Ce sont les plus anciens cadrans solaires connus dans le Nord de la mer Noire, et le cadran analemmatique est le plus ancien découvert dans le monde*⁸.

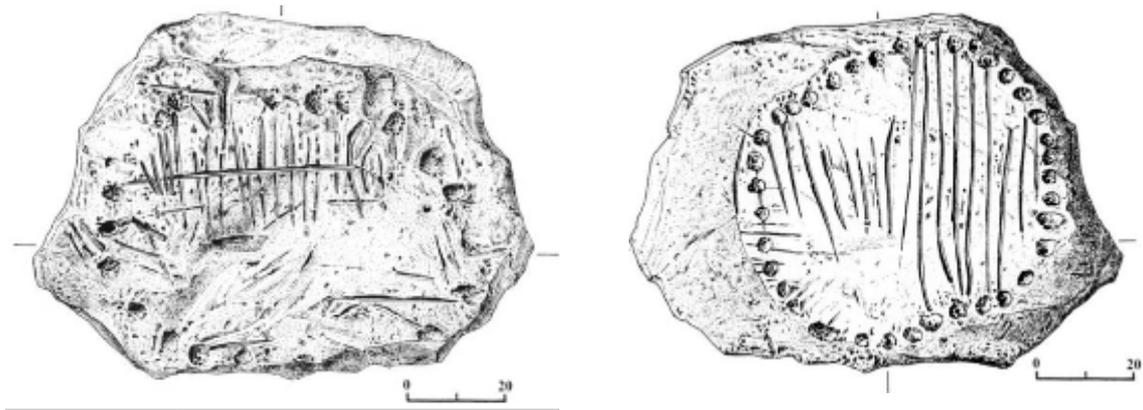


▲ Fig. 4. Face A. À la surface de cette pierre est gravé un cadran analemmatique selon L. Vodolazhskaya. ▼



▲ Fig. 5. Face B. Sur l'autre face est gravé un double cadran solaire horizontal selon L. Vodolazhskaya ▼

⁸ P. 19 : Thus, in this study we have proved that the side A of Popov Yar-2 plate is an ancient sundial: horizontal and analemmatic, simultaneously. These are the oldest known sundial in the Northern Black Sea, and analemmatic sundial is the oldest discovered analemmatic sundial in the world.



Pour un non-initié, l'article peut impressionner : on y donne des formules trigonométriques, un développement polynomial pour calculer l'obliquité de l'écliptique, etc. Pour l'auteur, les concepts de latitude, de déclinaison du Soleil, d'angle horaire équinoxial et donc de sphère céleste avec ses cercles et la notion de méridien (donc de direction Nord-Sud) sont maîtrisés sans problème par les hommes de l'âge de bronze⁹. Il est à peine incroyable que l'auteur ne parle jamais d'heure antique ou que le problème de l'antériorité d'un cadran solaire à heure équinoxiale par rapport au corpus connu ne soit pas abordé. Comment peut-on être aussi ignorant du sujet lorsque l'on prétend « démontrer » l'existence de cadrans précurseurs ? Il est aussi frappant que la notion de démarche scientifique soit totalement absente ; par exemple l'auteur donne les angles tabulaires d'un cadran solaire horizontal en prenant la latitude moderne du lieu de découverte du « cadran » mais sans comparer les valeurs obtenues à celles du soi-disant cadran : quel est intérêt ?

Le plus extraordinaire est l'imagination dont l'auteur fait preuve puisqu'elle voit dans des gravures plus que grossières un cadran solaire analemmatique horizontal, avec bien entendu son échelle des dates limitée aux solstices et aux équinoxes. Elle détermine même les dimensions des grands axes et petits axes sans oublier celle du gnomon. Il faut préciser que l'outil informatique permet de travailler une photo à l'envie et d'y superposer des lignes ou des courbes (*fig. 6 et 7*). Jamais il ne vient à l'auteur d'estimer l'incertitude des mesures alors que la largeur des plots horaires peut facilement engendrer plusieurs degrés d'amplitude ; ni sur le choix de tel point comme repère méridien.

L'autre face de la pierre (*fig. 5 et 7*) comporte selon l'auteur un double cadran horizontal (avec deux gnomons) particulièrement original puisqu'une partie de l'éventail horaire sert pour les heures du matin et l'autre pour les heures de l'après-midi, avec au milieu une courbe énigmatique...

⁹ Sur l'histoire des références en astronomie, voir M. Lerner, D. Savoie, « Les références angulaires sur le ciel: de l'Antiquité à 1650 », *Les Références de Temps et d'Espace*, Bureau des longitudes, éd. Hermann, Paris, 2015 (à paraître).

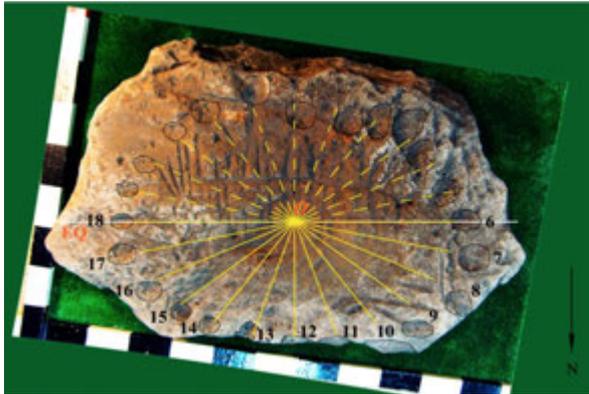


Fig. 6. Grâce au logiciel Photoshop, L. Vodolazhskaya fait ressortir la géométrie du cadran analemmatique qui devient immédiatement plus évidente...

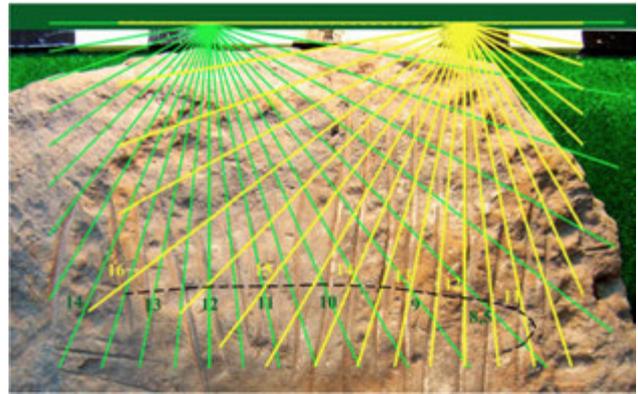


Fig. 7. Là encore grâce au logiciel Photoshop, L. Vodolazhskaya fait ressortir la géométrie du cadran. Ne pourrait-on pas voir en plus dans les encoches circulaires un cadran analemmatique ?

Enfin une seconde pierre (**Fig. 8**), qui provient aussi de la région de Rostov mais d'un autre tumulus, comporte aussi un cadran analemmatique (selon l'auteur) : la preuve en est donnée par les plots qui forment une ellipse ; et lorsque l'auteur calcule par la trigonométrie les angles tabulaires des lignes horaires par rapport au centre équinoxial, en prenant une latitude de $47^{\circ} 17'$ qui est celle du lieu de découverte, le miracle apparaît : ça colle de près avec les angles relevés sur la pierre ! Précisons que les lignes horaires issues du calcul sont ajustées au mieux...Il y a des anomalies inexplicables quant à leur position mais Larisa Vodolazhskaya ne s'en formalise pas.

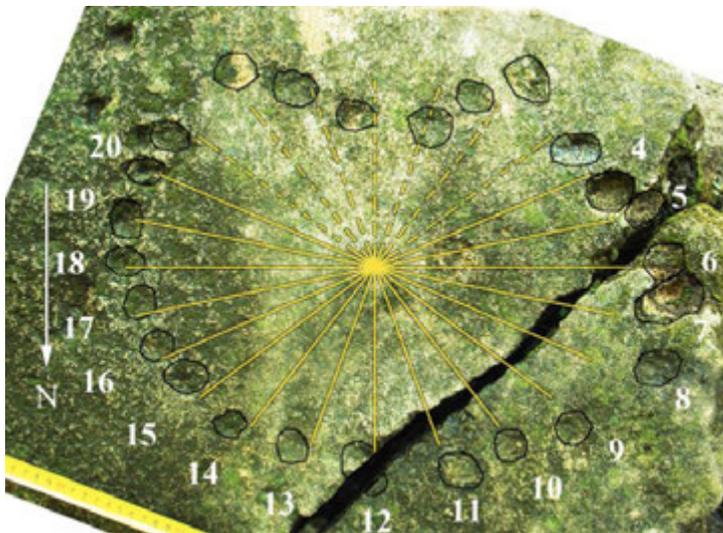


Fig. 8. Second cadran analemmatique selon L. Vodolazhskaya. La précision est étonnante....

Que conclut *in fine* Larisa Vodolazhskaya de tout ceci ? D'une part que la civilisation égyptienne a influencé la population qui habitait autour de la mer Noire par l'intermédiaire d'une transmission scientifique, en lui apportant les éléments nécessaires au calcul de cadrans solaires plans à heure équinoxiales. Et que d'autre part, le cadran analemmatique que l'on croyait traditionnellement découvert en France au XVIIe siècle a en fait été inventé dès l'âge de bronze.

Ce type d'article pose de nombreuses questions ; la première tient évidemment au niveau des connaissances de l'auteur. Sait-elle ce que sous-tend par exemple la notion de cadran d'azimut à style mobile ? Autrement a-t-elle compris le principe d'obtenir l'angle

horaire (équinoxial) du Soleil à partir de son azimut, ce qui implique justement la mobilité du style ?

L'auteur n'a-t-elle pas été abusée par les logiciels de dessin qui permettent de plaquer n'importe quel tracé géométrique sans même comparer les angles mesurés sur « l'objet » afin d'en déduire des paramètres primaires ? Dans un autre ordre d'idée, comment une revue qui se prétend internationale avec un comité de lecture peut-elle laisser publier de telles aberrations ?

Il y a comme une volonté de montrer l'antériorité et la supériorité scientifiques d'une civilisation pré-russe vivant aux alentours de la Mer Noire, qui aurait capitalisé (par un canal évidemment non défini) des connaissances gnomoniques supposées des Egyptiens. Cela rappelle par exemple les théories d'Alfred Jeremias, assyriologue du début du XXe siècle, qui en s'appuyant sur un appareil d'érudition considérable, a voulu prouver la théorie du panbabylonisme (ancienneté de l'astronomie babylonienne) à partir de thèses aberrantes.

⇒  **Dans la version numérique, en annexe** , vous trouverez les articles :

 Vodolazhskaya_Egypt_sundials.pdf

 Vodolazhskaya_Ukraine_sundial.pdf

Reconstruction of vertical and L-shaped ancient Egyptian sundials and methods for measuring time

Larisa N. Vodolazhskaya

Department of Space Physics, Southern Federal University (SFU), Rostov-on-Don, Russian Federation; E-mails: larisavodol@aaatec.org, larisavodol@yahoo.com

Analematic and Horizontal Sundials of the Bronze Age (Northern Black Sea Coast)

Larisa Vodolazhskaya¹

¹ Southern Federal University, Archaeoastronomical Research Center, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: larisavodol@yahoo.com





Eclairage d'un tunnel ou d'un mausolée

Denis Savoie

Comment calculer rapidement la position du Soleil pour l'éclairage d'une direction précise ? Denis Savoie répond à cette question.

On sait que le temple d'Abou Simbel, au Sud d'Assouan en Egypte, est éclairé deux fois par an, vers le 20 février et le 20 octobre : les rayons solaires pénètrent par une ouverture *ad hoc* et illuminent les statues. Il existe d'autres exemples d'éclairage d'un lieu orienté, comme le tunnel de Box en Angleterre¹ ou encore l'Arc de Triomphe à Paris où l'on peut voir à certaines dates et depuis différents lieux le Soleil passer entre les arches.



Temple d'Abou Simbel



Tunnel de Box



L'arc de Triomphe de Paris

Ces exemples sont un prétexte pour résoudre un petit problème de gnomonique : on cherche à quelles dates et à quelle heure une ouverture est éclairée. Autrement dit, on cherche l'instant de passage du Soleil dans une direction et une orientation données. Il existe plusieurs solutions, – certaines très lourdes –, que l'on peut affiner par la suite si l'on veut tenir compte de la réfraction, du diamètre solaire, de la variation de la déclinaison solaire, etc.

La solution suivante présente l'avantage d'être expéditive. Soient D l'azimut depuis le Sud et i l'inclinaison sur l'horizon de la direction (fig. 1). On calcule dans un premier temps pour quelle déclinaison δ du Soleil le phénomène se produit, et, si cela est possible, on cherche l'angle horaire du Soleil à cet instant.

¹ C. P. Atkins, « Box Railway Tunnel and I. K. Brunel's Birthday : A theoretical Investigation », *J. Brit. Astron. Assoc.*, vol. 95, 1985, p. 260-262.

On a :

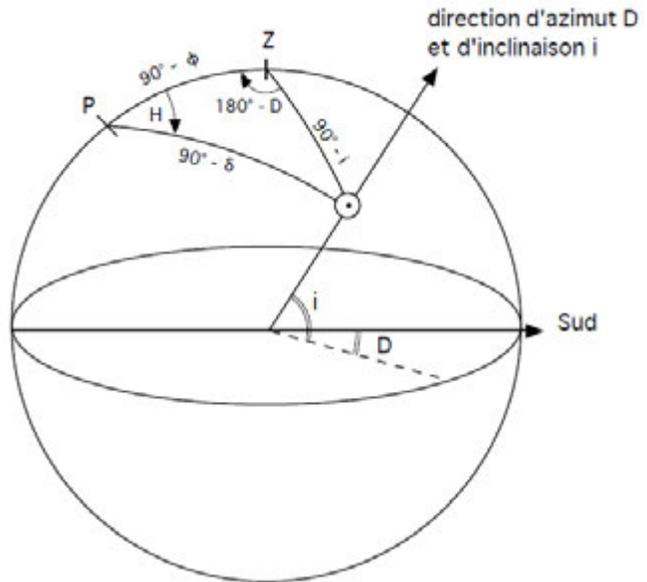
$$\sin \delta = \sin \phi \sin i - \cos \phi \cos i \cos D \quad (1)$$

Il faut que $- 23^{\circ},433 \leq \delta \leq + 23^{\circ},433$. Toute autre valeur signifie que l'éclairement n'est pas possible. On ne perdra pas de vue qu'en dehors des solstices, il existe deux dates pour une valeur donnée de la déclinaison du Soleil.

On obtient l'angle horaire du Soleil par :

$$\cos H = (\sin i - \sin \phi \sin \delta) / \cos \phi \cos \delta \quad (2)$$

Il faut que H soit du même signe que D : un D négatif signifie que le phénomène a lieu avant midi, un D positif que le phénomène a lieu après midi.



Exemple 1 : Depuis la Place de la Concorde à Paris ($\phi = 48^{\circ} 51' 56''$, $\lambda = - 9 \text{ m } 17 \text{ s}$), l'azimut D de l'arc de Triomphe vaut $+ 115^{\circ},8$.

L'inclinaison de l'arc depuis cet endroit vaut $0^{\circ} 36' 4''$.

On a donc $\delta = + 17^{\circ},109$ et $H = + 109^{\circ},618$. La déclinaison du Soleil nous place le 8 mai et l'heure (en temps solaire vrai) à 19 h 18 m 28 s, soit 19 h 56 m UT (équation du temps = $- 3 \text{ m } 30 \text{ s}$). Il y a un autre passage le 4/5 août.

Exemple 2 : Le tunnel de Box est situé près de la ville de Bath sur l'ancienne ligne de chemin de fer Londres-Bristol.

Ce tunnel est célèbre parce qu'à certaines dates, il est complètement illuminé par le Soleil.

Les paramètres du tunnel sont les suivants : $\phi = 51^{\circ} 25' 15''$; $D = - 100^{\circ} 25'$; $i = 0^{\circ} 41'$.

On déduit immédiatement que $\delta = + 7^{\circ},011$ (soit vers le 8 avril et vers le 4/5 septembre) et $H = - 97^{\circ},7532$ soit 5 h 28 m 59 s = 5 h 29 m temps solaire vrai.

En raison de la variation des éléments orbitaux et surtout de la diminution de l'obliquité de l'écliptique (environ $46''$ par siècle), les dates où le Soleil pénètre dans une ouverture dérivent au fil des années.

De plus, la réfraction peut modifier de façon non négligeable le résultat surtout si l'inclinaison est faible.

En complément (Ph. Sauvageot)

Le temple d'Abou Simbel

Il suffit d'aller sur la toile et d'entrer les mots "soleil" et "Abou Simbel" pour trouver de nombreuses informations sur le phénomène évoqué par D. Savoie.

Afin de le sauver des eaux du barrage d'Assouan, le monument a été reconstruit à 180 mètres en retrait et surélevé de 64 mètres par rapport à son emplacement primitif.

Chaque année, le 20 octobre et le 20 février, le Soleil, à son lever, apparaît dans une fente de la montagne, sur la rive droite, face aux monts Méha et Ibchek. Le 20 octobre, son premier rayon vient frapper le visage de la statue d'Amon avant d'illuminer celui du roi.



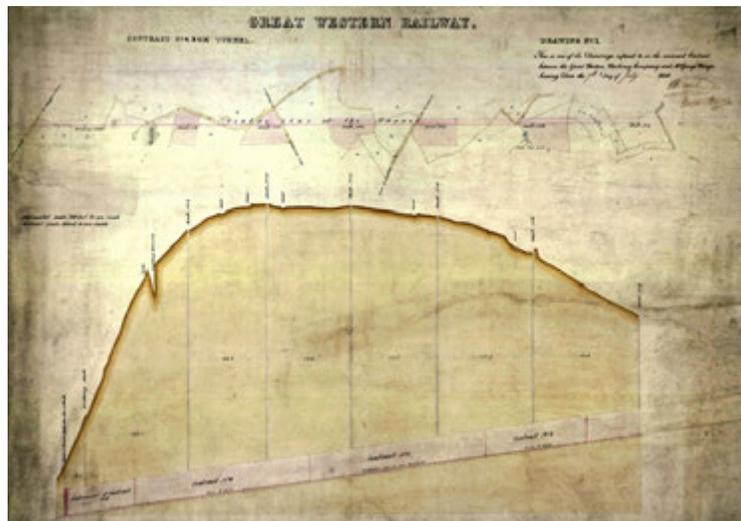
Amon, Ramsès et Horakhty reçoivent la lumière

Le 20 février, le premier rayon touche d'abord la statue d'Horus pour éclairer ensuite pleinement l'image du souverain.

Le Tunnel de Box

Là encore, nous découvrons sur internet qu'une légende stipule que l'ingénieur Brunel, concepteur du tunnel, a délibérément aligné son ouvrage afin que les rayons du Soleil levant pénètrent dans le tunnel le 9 Avril (d'autres sites donnent le 15 avril) jour de son anniversaire.

Voilà une bonne occasion pour vérifier les résultats donnés par Denis Savoie. Attention le point le plus approprié pour prendre une photo est au milieu de la ligne ferroviaire maintenant fréquentées par les trains à grande vitesse .



Coupe longitudinale du tunnel, pente 1 pour 100

L'arc de triomphe

En ce qui concerne ce monument, c'est à partir d'un article trouvé dans les archives de monsieur Robert Sagot que nous présentons le phénomène.

Le Soleil à l'étoile

Sous ce titre, un article de Guy Morlet daté de 1989 est reproduit ci-dessous.

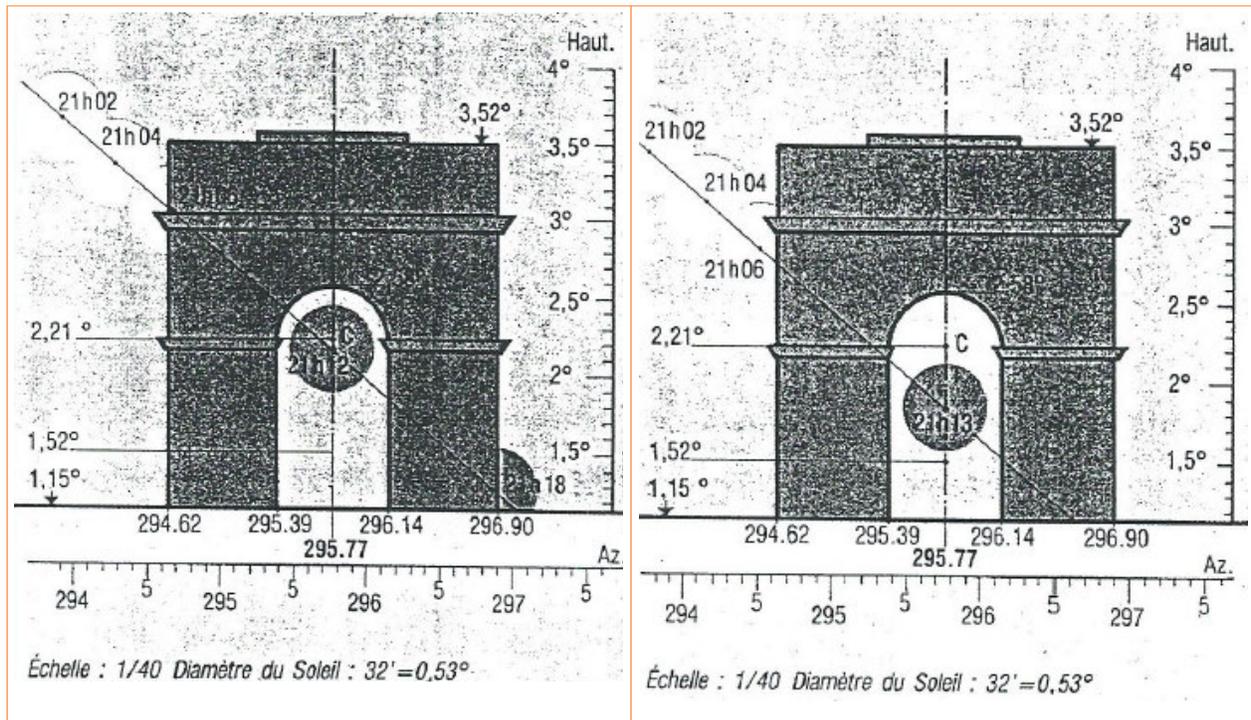
« Deux fois par an, en se plaçant dans l'axe de l'avenue des Champs-Élysées, il est possible de voir le Soleil, 10 minutes environ avant son coucher, exactement encadré par la voûte de l'arc de triomphe de l'Étoile.

Le meilleur point d'observation est le rond-point des Champs-Élysées. Le diamètre apparent du Soleil (32' environ), vu de cet emplacement, représente un peu plus des 2/3 de celui de la voûte de l'arc de triomphe (45').

Les dates de ce passage sont le 11 mai vers 21 h et le 31 juillet vers 21 h 10 (en heures légales). Ces deux dates sont, comme il se doit, à égale distance (40 jours et demi) du solstice d'été du 21 juin. Le Soleil est également visible dans l'ouverture de l'arc de triomphe le 10 mai et le 1er août, aux mêmes heures, mais plus bas entre les piliers.



Photo : www.capture-the-world.com



Le prochain passage dans l'encadrement de la voûte aura lieu le 31 juillet 1989 à 21 h 12. Le Soleil sera encore visible, plus bas, le 1er août à 21 h 13. Si vous ne pouvez pas observer ce rendez-vous du Soleil avec l'arc de triomphe, vous pourrez y assister une autre année, aux mêmes

dates et heures. Du fait de l'incidence des années bissextiles, le passage dans l'axe de l'arc un jour donné se fera à des hauteurs légèrement différentes d'une année à l'autre, mais le Soleil retrouvera sa place tous les 4 ans, à la même hauteur, à moins d'une minute d'arc près ».

Nota : le site de l'IMCCE indique les heures de passage de l'astre dans l'axe de l'arc de Triomphe :

Jour	Instant du lever du centre du Soleil	Période où le centre du Soleil passe par l'axe de l'arche	Variation de la hauteur du centre du Soleil durant cette période

La Lune prend la place

Sur le site, <http://www.futura-sciences.com>, page éphémérides, on donne la date et l'heure de passage de la Lune dans l'axe de l'Arc de Triomphe. Exemple : le 03/01/2015 à 05:30 TU

« Comme cela arrive au moins une fois par mois, la Lune passera au centre de l'Arc de Triomphe avant de se coucher. Fait important à signaler, elle passera au ras du sol du monument.

Pour observer dans les meilleures conditions, rendez-vous vers 20 h 55 TU (22 h 55, heure locale), en haut de l'avenue des



La Lune aux Champs-Élysées. © Futura-Sciences

Champs-Élysées. Si le ciel est bien dégagé, vous devriez pouvoir observer, et pourquoi pas prendre en photo le fin croissant lunaire ».

La Lune et le Soleil ensemble sous l'arche

L'article de *Ciel et Espace* juillet/août 1994 conservé par Monsieur R. Sagot relate l'éclipse du 10 mai et ce rendez vous sous l'arche.

« ON A ENTENDU COMME UNE ONDE SONORE, une sorte de déferlante d'applaudissements qui s'est formée très haut du côté de l'Étoile pour rouler doucement jusqu'à la Concorde : il était un peu plus de 21 h, l'avenue des Champs-Élysées était noire de monde et la foule parisienne, débonnaire et ravie, saluait un Soleil rougeaud qui, avant de se glisser sous l'Arc de Triomphe, avait viré au pourpre dans l'ouate du couchant. Cette éclipse mémorable, que les radios annonçaient depuis le matin, pile dans le berceau de l'Arc, s'achevait en apothéose, comme on l'attendait, et cela valait bien un hommage de la capitale. Ce soir du 10 mai, la grande avenue s'est donc laissé doucement apprivoiser, le flot montant et descendant de la circulation abandonnant peu à peu l'asphalte à une foule sortie on ne sait d'où. Un irrésistible grignotage que sur le coup des sept heures du soir, quelques groupes épars le long des contre-allées laissaient à

peine présager. Puis, comme une contagion, une première moitié d'avenue s'est hérissée de pieds photo, leur nombre enflant au fil des minutes, certains curieux étant venus exprès, des morceaux de film noir sortant de leurs poches, les autres comme ça, pour voir. Vers 20 h 30, alors que le Soleil avait entrepris une irritante partie de cache-cache avec un énorme nuage noir, c'en était fini, les dernières voitures étaient engluées dans la foule, immobiles, et des Champs-Élysées ne montait plus qu'immense bavardage. "Paris-badauds" attendait, certains assis sur le pavé, d'autres



montés en chaussettes sur des capots rutilants, d'autres encore soignant une dernière fois la mise au point d'un objectif. Sortira, sortira pas de derrière son nuage ? Sortira, in extremis, en plein dans l'arche. Ovation. Il y avait, dit-on, deux cent mille personnes. Une bien belle éclipse ».

Jean-Pierre DEFAIT

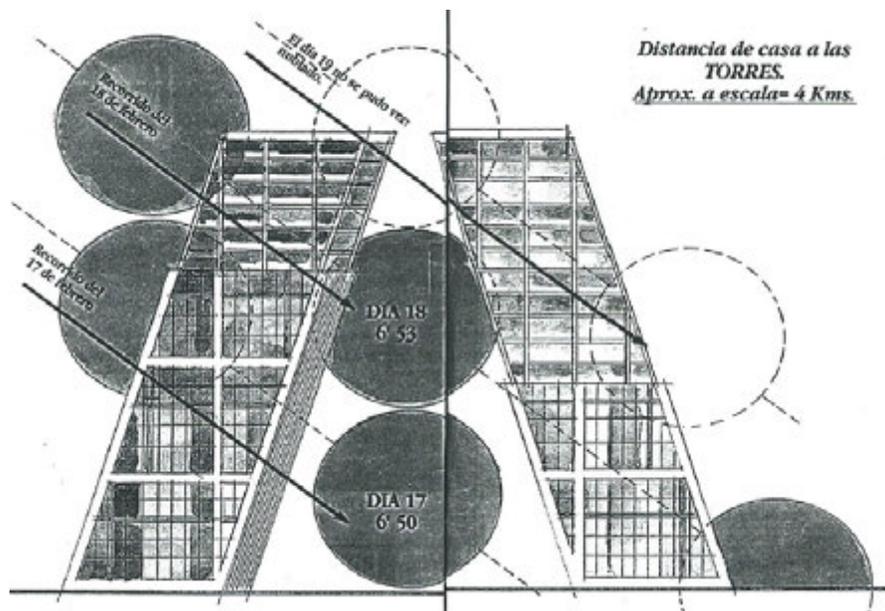
Les Tours de Kio

Pour terminer voici un dessin réalisé par Antonio José Alès dans la revue *Diez Minutos* du 11 février 1994. L'article est issu des archives de la famille Marquet. (réf CR de réunion de la CCS des 4/5 octobre 2014 page 2).

« Les tours inclinées de Kio (Puerta de Europa) sur la Plaza de Castilla à Madrid, n'ont rien à première vue d'un édifice ésotérique ou initiatique !

Cependant deux fois en 1993, le Soleil s'est couché entre elles, juste à leur base.

Cela s'est produit le 17 février et le 25 octobre à 18h30 ».





Cadran canonial ou pierre de dédicace ?

Denis Schneider

S'il n'est déjà pas facile de repérer un cadran canonial sur une église, la difficulté augmente lorsque les caractéristiques ne sont pas franches : quelques traits irradiant d'un joint entre pierres, un cercle ou une couronne centrés sur un trou quand il ne s'agit pas d'un chrisme, d'une rosace...

En 2013, Serge Grégori m'adressait la photo d'un cadran canonial avec inscriptions (Ph.1). J'étais déjà surpris de voir quatre secteurs de 90° ; de plus, un grand cercle, qui circonscrivait une date en chiffres romains, lue 1162, et le mot « NONUS », était encadré en haut par deux petits cercles eux-mêmes croisés par deux diamètres perpendiculaires !... La pierre surmontait le portail Sud de l'église Saint-Martin à Brux (Vienne) ; un doute m'avait déjà infiltré quand Serge m'envoyait, non pas une fiche technique mais trois, une pour chaque cercle. Trois cadrans canoniaux sur la même pierre, ça méritait enquête avant canonisation !



Photo 1

La mairie de Brux me conseillait d'entrer en contact avec Mme Paule Grollier qui faisait visiter l'église. Elle savait que l'église paroissiale du XIIe avait dépendu de l'abbaye de Nouaillé-Maupertuis dans la Vienne et cette pierre l'intriguait.

J'entrais en contact avec le Service du Patrimoine Charentes-Poitou et Christine Sarrazin, responsable du Service, m'adressait la fiche que le « Corpus des Inscriptions de la France Médiévale » (CIFM t.1, fasc.II, dt Vienne du CESCUM et du CNRS en 1975) consacrait à la pierre de Brux sous la plume de Robert Favreau, et de Jean Michaud, auteur, hélas décédé, d'une thèse sur « Les inscriptions de consécration d'autels et de dédicaces d'églises en France du VIIIe au XIIIe ».

Première surprise : la date n'était pas 1162 mais 1171 comme la photo jointe à la fiche le révélait.

Deuxième surprise : les auteurs avaient vu non pas trois cercles mais cinq, comme les cinq plaies du Christ, renforçant leur interprétation de pierre de dédicace datant de la construction de l'édifice ou plus vraisemblablement de consécration d'autel si le mot « NONUS », que j'avais interprété comme pouvant être le nom du prélat consécrateur ou le commanditaire du cadran canonial, pouvait désigner « le mois, c'est-à-dire novembre, moins

probablement septembre, neuvième mois à partir du changement de millésime alors en vigueur en Poitou, soit la date du 25 décembre pour début d'année ».

A Brux, de l'année 1171 quel en était le style ? En histoire de la mesure du temps, le style désigne un type de datation de début d'année. Le style de la Résurrection ou style Pascal fut adopté à partir du XIIe avant de se généraliser aux XIIe et XIIIe. L'année 1171, Pâques était le 28 mars et le 9^{ème} mois de l'année fut bien novembre mais la pierre ne porte pas la mention d'une date qui se notait alors en calendes, nones et ides.

Déjà en 1927, un CR de séance dans le « Bulletin de la Société des Antiquaires de l'Ouest » (3^{ème} série, T.VII, 1927, p.793) évoquait cette pierre avec le mot « NONUS difficilement traduisible et de deux cercles pointillés dont la signification était à déterminer ». Cette pierre était-elle une pierre de consécration, un cadran canonial ou les deux à la fois par réemploi ?

Devant mes interrogations j'interrogeais Vincent Debiais, responsable du corpus des inscriptions pour la Vienne et Robert Favreau, 39 ans après qu'il ait rédigé la fiche, était contacté par l'intermédiaire d'Estelle Ingrand Varenne, ingénieur d'étude en charge de la rédaction du CIFM. Le fondateur de l'épigraphie médiévale répondait : « Le rapprochement avec la consécration de pierres d'autel me semble toujours « une proposition valable » ». Il ajoutait qu'il ne connaissait pas de pierre de dédicace se présentant sous la seule forme d'une croix cerclée, ceci me rassurant sur la validité d'autres canoniaux avec secteurs de 90°.

Cécile Treffort, auteur d'articles sur la consécration d'églises et directrice du CESCUM me recommandait auprès d'Annick Gagné, étudiante en Histoire, réalisant depuis quatre ans une thèse de doctorat en cotutelle entre l'Université de Laval au Québec et celle de Poitiers sur « Les inscriptions de consécration dans la construction des églises (France VIII-XIIIe) » ; c'était déjà son sujet de mémoire de maîtrise. Cette pierre ne faisait pas partie des inscriptions de son corpus puisqu'elle ne mentionnait pas la dédicace directement. Il y avait cependant, selon elle, des points communs quant à la réalisation, la forme et la disposition. Elle m'adressait deux photos pour éclairer la question :

Celle (Ph.2) d'une table d'autel de l'église Saints Cyr et Julitte à Sainte-Eulalie d'Olt (12) avec croix latine à chaque angle et une cinquième au milieu avec en bas et à droite mention de la consécration d'autel le 7 des ides de mai (9 mai).



Photo 2 (photo tirée du CIFM)

La deuxième photo (Ph.3, page suivante) concernait un médaillon de dédicace, début XIIe, qui se trouvait dans l'ancien autel

de l'ancienne collégiale Saint-Caprais à Agen (47), dédicace le 2 des nones de décembre (4 décembre), sans mention de l'année mais ces indications suffisaient à inclure l'anniversaire de la dédicace dans un calendrier liturgique.



J'avais le souvenir d'un chrisme sur l'église de Murillo el Cuende en Navarre (Ph.4) qui possédait un trou central qui aurait pu loger un style droit...

Plus, je découvrais sur internet en tapant « pierres de dédicace » la photo (Ph.5) d'un chrisme surmonté d'une tige horizontale bouletée sur l'église Sainte-Radegonde à Bon Encontre (47) !

Cela devenait surréaliste...

◀ Photo 3 (photo tirée du CIFM)



Photo 4



Photo 5

Je me rendais à Brux où la pierre avait été nettoyée récemment à la brosse métallique souple par le cantonnier. La pierre, de nature calcaire, tranchait maintenant sur les autres par sa couleur redevenue claire. Elle apparaissait mieux travaillée que les autres avec une meilleure planimétrie et des angles droits bien équarris.

Placée juste au-dessus du portail, lieu privilégié d'affichage pour une pierre de dédicace, cette pierre pouvait être aussi facilement consultée en vue de déclencher les heures canonicales. Il n'y avait bien que trois cercles même s'il y aurait eu la place d'en tracer deux autres dans la partie inférieure. Les deux petits cercles supérieurs étaient croisés de deux diamètres perpendiculaires se terminant par un petit trou sur le périmètre avec un autre petit trou dans chacun des quatre quartiers... Le grand cercle n'était percé que d'un trou central creusé en entonnoir d'environ 1,5 cm de profondeur. Je remarquais que les chiffres romains étaient séparés les uns des autres par un petit trou.

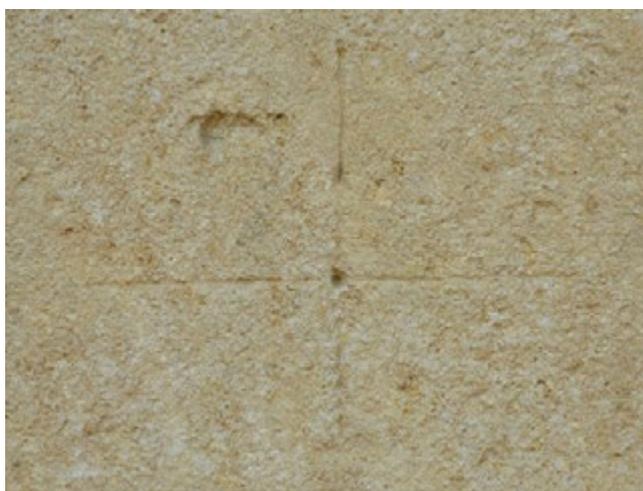
J'envoyais observations et photos à Annick Gagné. Il lui semblait que les pierres avoisinantes appartenait toutes au même contexte architectural et elle se demandait si « NONUS » ne pouvait pas se lire « RODUS »... Elle promettait de venir sur place au début de 2015 tout autant pour avoir une vue d'ensemble que pour détailler la pierre notamment la réelle absence de cinq cercles.

J'aurai donc l'occasion d'y revenir.

Quatre exemples de cadrans canoniaux avec secteurs de 90°



St Quentin de Baron (33)



Camarsac (33)



St Preuil (16)



La Jard (17)





Construire un cadran solaire mural

Laurent Souchu

L'auteur propose de nous guider dans la réalisation d'un cadran solaire vertical sur la base de son expérience.

"Je ne reste jamais très longtemps, silencieuse,

Je marie l'ombre et la lumière..."

Mystérieuses, insolites, ou simplement oubliées... Ces horloges silencieuses nous parlent d'un temps... où on prenait le temps. Le temps des jours qui s'étirent et raccourcissent au rythme de l'ombre d'une tige curieusement placée.

Décor mélancolique d'une façade aux volets fermés. De certains, il ne reste presque rien. Une heure, une lettre qui a eu son importance ... Pour qui ? Pour quoi ? Une âme...

Les beaux jours arrivent et, sur les étals, ils ressurgissent... de formes carrées ou arrondies, aux dessins souvent ambitieux... Je m'étonne toujours de l'intérêt qu'il y a à accrocher un cadran



aux couleurs tapageuses qui crient : regardez-moi, je n'indique plus les saisons ni même plus l'heure !

Il est temps de réagir... Au fil de ces lignes, je vous propose de vous guider pas à pas dans la réalisation de votre cadran solaire mural mais sans toutefois entrer dans le détail des formules.

Pour en savoir plus, j'invite les plus curieux à consulter les quelques ouvrages qui m'ont inspiré, et en particulier celui de Denis Savoie "La gnomonique".

Le choix de l'implantation.

Idéalement, un cadran solaire mural devrait recevoir le plus d'ensoleillement possible. Rarement prévu lors de la construction d'une maison, son implantation se heurtera, sans doute, à l'exubérance d'un vieil arbre, au rebord d'une toiture ou à la proximité d'un mur mitoyen. Il va falloir nous adapter.

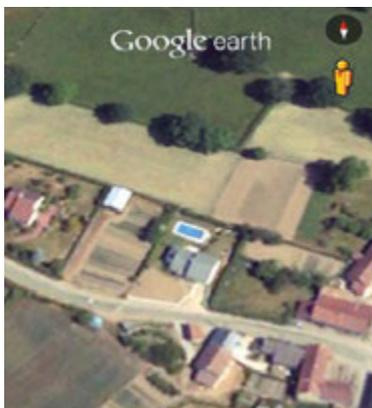
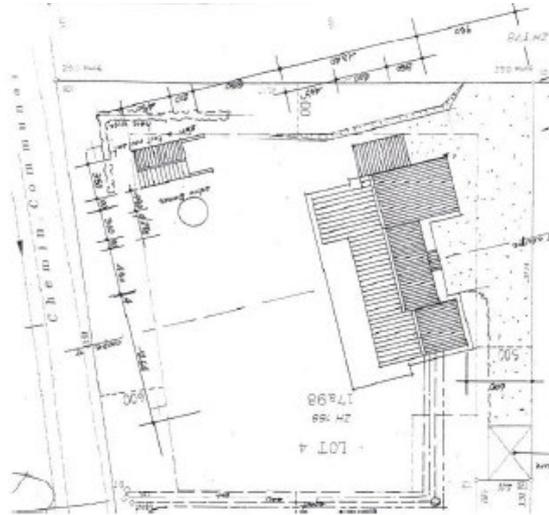
Si possible, choisir la façade exposée dans le plan est-ouest.

La précision du cadran

Elle découle directement du calcul de l'orientation de son support, c'est-à-dire de la façade.

Plusieurs méthodes peuvent être employées.

Suivant le degré de précision recherché, une simple boussole donnera, pour peu que l'on ait pris soin de relever la valeur de la déclinaison magnétique du lieu et



d'éviter les écueils des pièces métalliques voisines, une orientation à $\pm 3^\circ$.

L'autre méthode consiste à utiliser les services de géoportail ou de Google earth et d'imprimer la vue aérienne du site d'implantation.

Le nord géographique étant aligné avec les côtés de l'image, avec l'aide d'un rapporteur, on trouvera aisément l'orientation de la façade.

Mais là encore, la précision atteinte sera clairement insuffisante puisqu'à 1° correspondent 4 minutes d'erreur sur la lecture de l'heure.

La table et le fil à plomb

Procurez-vous une planche de bois, de dimension 0.5x0.7m que l'on peindra en blanc.

Une potence servira à accrocher un fil à plomb, en fonction de la position du Soleil à l'heure des mesures.

Positionnez la planche bien à l'horizontale et parallèle à la façade.

Se munir d'une longue règle, d'un crayon et d'une montre réglée à la seconde. Tracer une ligne à 5 centimètres du bord de la planche qui est en contact avec le mur. (Ligne a-b). Suspendre le fil à plomb à la potence de manière à ce que la pointe du plomb se trouve à quelques millimètres seulement de la planche.

Il est préférable de choisir une belle journée ensoleillée et sans vent pour faire les relevés. Il est difficile en effet de marquer d'un trait sûr une ombre qui se balance...



La méthode (schéma page suivante)

Marquer d'une croix la projection de la pointe du plomb. Attendre que le fil ne bouge pas, noter l'heure à la seconde près et simultanément sous l'ombre du fil faire une marque.

Avec l'aide de la règle, tracer une ligne qui part de la croix, passe par la marque de l'ombre jusqu'à couper celle qui est parallèle au mur, ligne (a-b). A l'intersection on notera la lettre A.

Mesurer 500 millimètres en partant du point A sur la ligne précédemment tracée et noter la lettre B.

Du point A, sur la ligne a-b, on mesure encore 500 millimètres que l'on notera de la lettre C.

Il reste à tracer la ligne reliant les points B et C, et mesurer précisément la distance qui les sépare. Bienheureux, nous obtenons notre première corde.

Pour accroître la précision, nous renouvelerons cette opération plusieurs fois. A ce stade, on constate heureusement une certaine cohérence des relevés...

Avant de passer au calcul de la déclinaison du mur, il va nous falloir trouver les coordonnées géographiques du lieu d'implantation du cadran. Pour cela, nous pourrions employer une carte IGN 1/25 000, ou plus facilement un GPS.

Dans notre exemple, nous trouvons une latitude Nord de 46°13'18.35" et une longitude Est de 002°27'56.64".

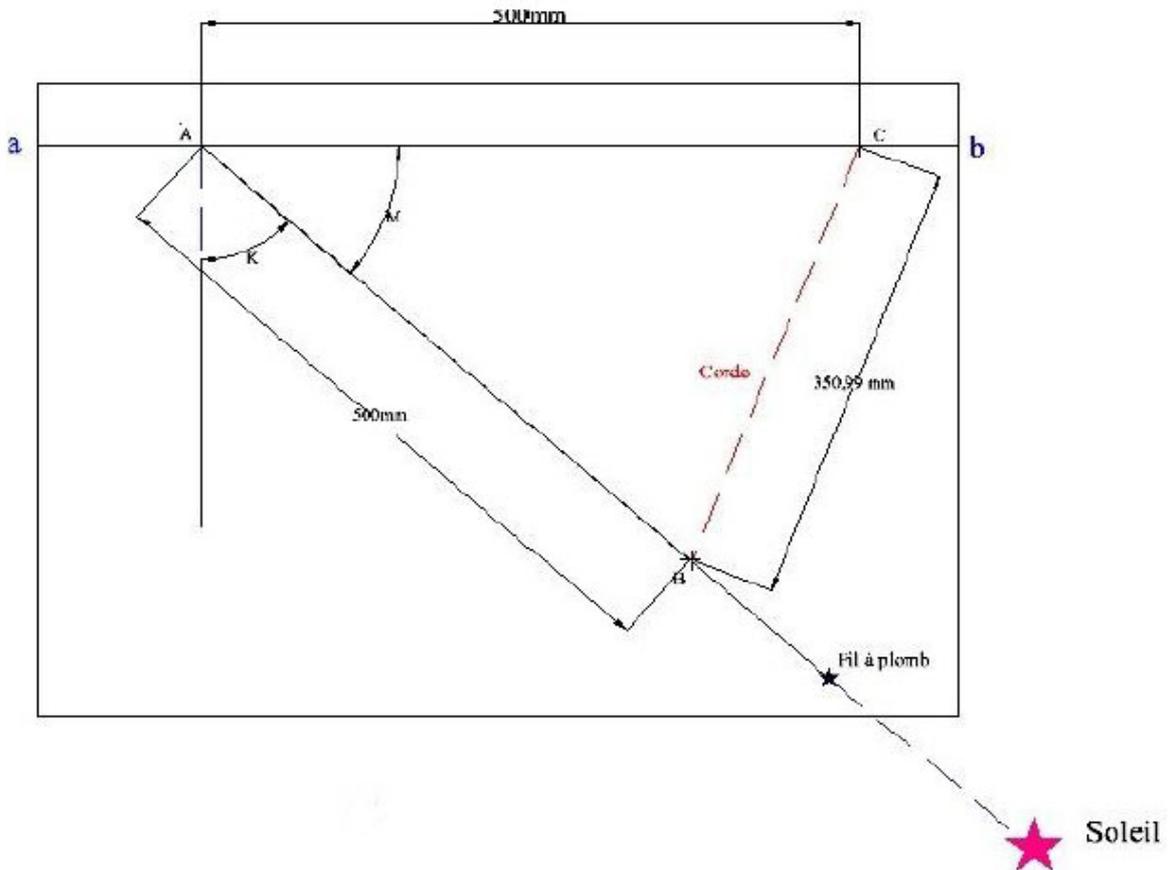
Reste à déterminer l'heure précise du passage du Soleil au méridien local, en utilisant un logiciel d'éphémérides ou en allant sur le site du bureau des longitudes.

Les éphémérides donnent souvent l'heure du passage du Soleil au méridien de Paris ou de celui de Greenwich. Pour une longitude à l'Est du méridien de référence, le Soleil se levant à l'Est..., il faudra penser à soustraire l'écart en longitude ; l'additionner dans le cas contraire. 002°27'56.64" E, donne $2.4657 \times 4 = -9$ minutes 51 secondes. A Budelière, le Soleil se lève 9 minutes et 51 secondes plus tôt qu'à Greenwich.

Dans notre exemple, le 15-12-2013 le Soleil passe au méridien local à 11h44min54sec TU.

Une dernière valeur est nécessaire, celle de la déclinaison du Soleil le jour de la mesure. Le 15 décembre 2013 elle est de -23°17'18".

Décembre	
11	-23° 2' -6mn 41s
12	-23° 6' -6mn 13s
13	-23° 10' -5mn 45s
14	-23° 14' -5mn 16s
15	-23° 17' -4mn 47s
16	-23° 20' -4mn 18s
17	-23° 22' -3mn 49s
18	-23° 24' -3mn 20s
19	-23° 25' -2mn 50s
20	-23° 26' -2mn 20s

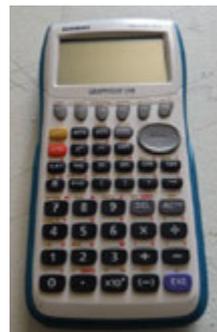


Les formules...

- L'angle horaire H du Soleil au méridien local est donné par :
 $H = (t - T_{\text{passage}}) \times 15$

- L'azimut du soleil A est donné par la formule suivante :
 $\tan A = [(\sin H) / (\sin L \times \cos H - \cos L \times \tan D)]$

L'angle K se déduit des relations suivantes :
 $\sin (M/2) = c$, la corde, mesurée en mètre.
 $K = 90^\circ - M$
 $\sin K = 1 - 2c^2$; la déclinaison D du cadran : $D = A \pm K$.



Pas de panique !

Comme précédemment indiqué, vous trouverez leurs explications détaillées dans l'excellent livre de Denis Savoie. Mais, si après lecture et relectures elles vous laissent toujours perplexes... j'ai réalisé un petit programme pour calculatrice "Casio fx 35+". Ne riez pas, il semble bien marcher...

Il demande d'entrer la latitude du lieu, la valeur de la déclinaison du Soleil, l'heure de passage du Soleil au méridien local, (transit), la valeur de la corde (en mètres). Et finalement, il donne la valeur de la déclinaison (Dm) du gnomon.

Pour le cadran solaire décrit ici, nous obtenons les valeurs données dans le tableau plus bas.

Il ne reste plus qu'à faire la moyenne de ces cinq valeurs et nous voilà en possession de la fameuse déclinaison ! Elle est de 23°14'44.39" Ouest. Si c'est pas de la précision çà... ! La pauvre petite boussole qui vacille et hésite avant de nous trouver une valeur à +/-3° !

```

Programme pour calculatrice "Casio Graph 35+"

"Latitude" ?→P
"Déclinaison du soleil" ?→B
"Heure passage du soleil au méridien local (TU)" ?→C
"Heure mesure (TU)" ?→D
"Valeur de la corde (m)" ?→G

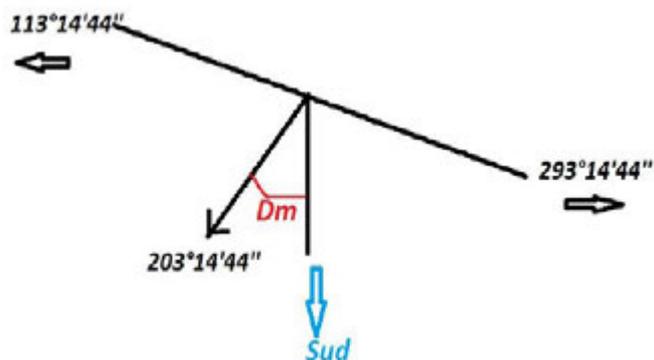
((D-C) x 15)→H
(Tan-1 ((sin H / ((sin P x cos H)-(cos P x tan B)) →A
If (sin A x sin H) ≤ 0
Then (180+A)→A
Else (A) →A
(sin-1 (1-(G²)x2))→K
"Déclinaison du cadran="•
If D<C
Then (-A-K)•
Else (A-K)•
    
```

10h25min00sec TU	Corde 0.402 mètre	<u>Dm</u> = -23°18'35.65"
10h40min15sec TU	Corde 0.432 mètre	<u>Dm</u> = -23°07'32.26"
10h59min22sec TU	Corde 0.467 mètre	<u>Dm</u> = -23°12'58.57"
11h04min37sec TU	Corde 0.477 mètre	<u>Dm</u> = -23°23'26.46"
11h21min09sec TU	Corde 0.506 mètre	<u>Dm</u> = -23°14'44.39"

Sans qu'il y paraisse, on a déjà fait une bonne partie du travail.

Bien joli tout çà ! Et après ?

Il existe plusieurs logiciels de tracé de cadran solaire. Certains que vous pourrez télécharger gratuitement et légalement sur le net, d'autres versions plus sophistiquées et plus payantes. J'utilise depuis longtemps le logiciel "Cadsol", acheté il y a une



vingtaine d'années, vendu à l'époque sur support floppy disk. Simple et sans fioritures, il existe toujours.

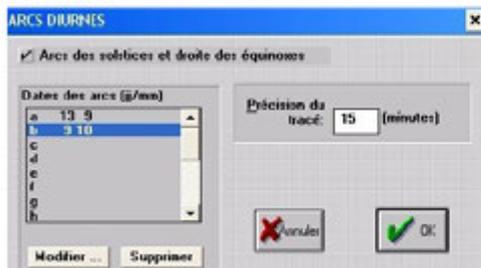
D'autres, comme le logiciel "Shadows", feront aussi parfaitement l'affaire.

Cadsol pas à pas...

Vraiment très simple d'utilisation, il suffit d'ouvrir les différentes fenêtres et de remplir les champs. Ses dimensions font ici : 500 mm x 500 mm sur 40 mm d'épaisseur. Il faut que le futur cadran puisse s'harmoniser avec la façade. Attention à ne pas choisir une pierre trop petite ; un sort à réserver plutôt aux cadrans des étals...

La fonction "arc diurnes" nous permet de tracer les courbes des solstices ou du jour de votre anniversaire ainsi que la droite des équinoxes.

Le 13 septembre et le 9 octobre dans notre exemple.



De la théorie à la pratique...

Le choix du support n'est pas à négliger.

Le cadran présenté ici est né d'une pierre dite naturelle, extraite des carrières d'Estailades dans le Luberon. C'est un calcaire fossile, de couleur claire, non gélif au grain très doux et qui se travaille facilement.

Dessiner la pierre...

En ouvrant la fenêtre "options", on cochera : Axes, Sous-Styleaire et Numérisation des pages.

L'option "Tracé sur" nous donnera la possibilité de délimiter un cadre de découpe

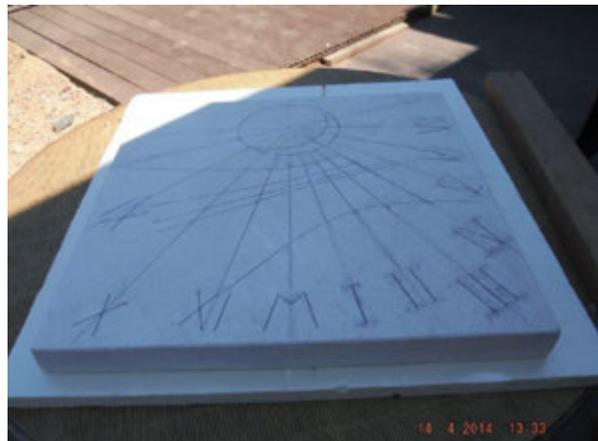
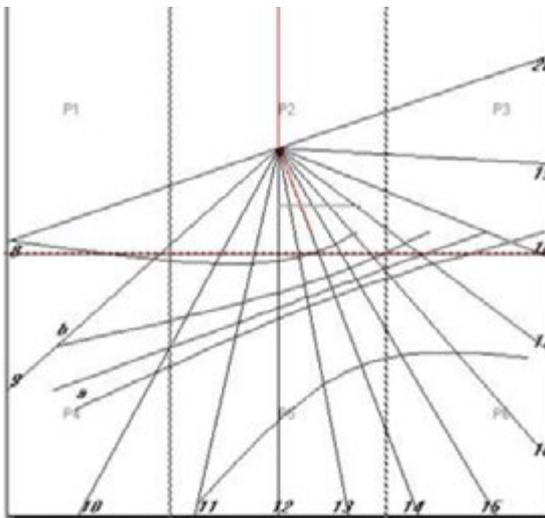
ainsi que de faire une impression feuille à feuille.

Une fois imprimées, on les applique une à une sur la pierre. Une marque au crayon, pas trop gras, en regard des lignes figurant les heures, servira à juxtaposer parfaitement les feuilles. Rien de très difficile.



Les courbes sont soigneusement découpées à l'aide d'un ciseau.

On fait glisser le crayon sur le bord de la feuille en veillant à ce qu'elle reste bien appliquée contre la pierre.



Graver le cadran...

Une pensée pour les cadraniers qui autrefois, gravaient leurs belles pierres, armés de patience et d'une simple pointe à tracer.

Moins poétique, en 2014 on a la perceuse 'Dremel' !

Légère et abordable, cette petite machine est très bien adaptée à l'exercice.

J'utilise les pointes diamant de référence 7122 et 7144 ainsi que le 'kit Dremel 566' prévu pour la découpe de faïence.

Cet accessoire permet le réglage de la profondeur des rainures.





Pour les lignes horaires, la droite des équinoxes et les chiffres romains, on applique son bord circulaire sur un tasseau ou une règle. Les courbes seront gravées en se servant d'un gabarit circulaire.

Il est préférable de commencer le travail avec la pointe "7144". Plus fine. Faire des passes successives, jusqu'à une profondeur de 5 millimètres de manière à ce que les ombres soient suffisamment marquées.

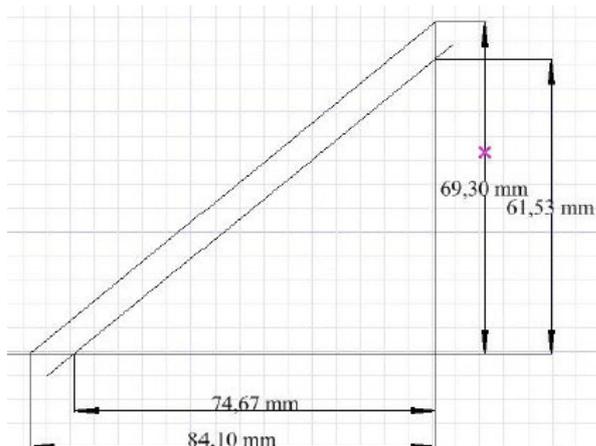
La pointe "7122" de forme cylindrique, donnera une finition régulière.



Positionnons le style...

Cette avant dernière étape avant l'installation du cadran, va nous demander un peu d'attention.

Dans l'option "Afficher le paramétrage" de Cadsol, vous apprécierez particulièrement l'aide à la mise en place du style. Attention, il faut prendre en compte le diamètre de la tige qui servira de style.



Cadran: SANSNOM.sol

TYPE Vertical
SUPPORT
Latitude : 46.222° Nord
Déclinaison : 23.246° Ouest

DIMENSIONS
Largeur : 500mm Hauteur : 500mm
Longueur du style : 109mm
Distance du centre du rectangle au centre du cadran : 100mm

HEURE solaire locale
ARCS DIURNES
a:13 9 b:9 10
Arcs des solstices et droite des équinoxes.
précision du tracé:15 minute[s]

POLICE DE CARACTERES: System (taille: 1mm)

MISE EN PLACE DU STYLE [mm]
CS = 109.0 [Style] CM = 78.7 [verticale]
MH = 29.8 [horizontale] MS = 75.4
HS = 69.3 [style droit] CH = 84.1 [sous stylaire]

Un dessin vu de profil nous montrera clairement à quel endroit nous allons devoir percer la pierre. C'est la partie supérieure du style qui nous donnera l'heure.

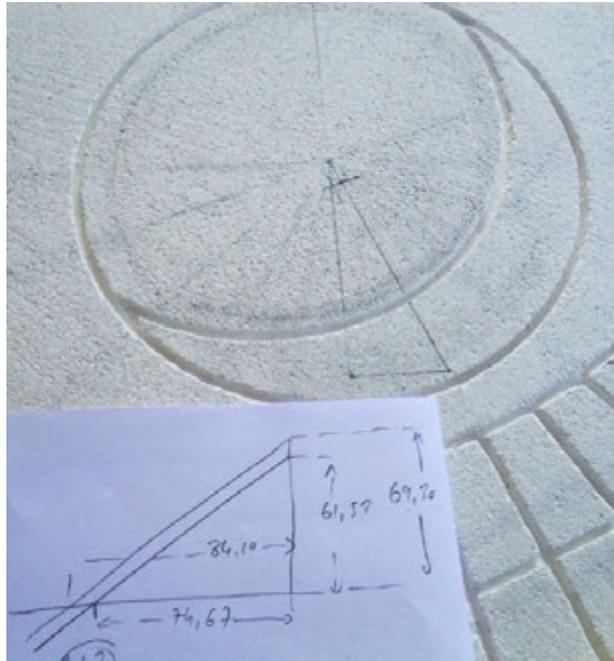
On dessine la ligne "sous-styloire" qui fait ici 84.10 mm, la ligne horizontale (29.8mm) et la ligne verticale (78.7 mm).

La "sous-styloire" nous aidera à maintenir la perceuse au bon angle. Le trou fera à cet angle : $(84.10 - 74.67) = 9.43$ mm.

Dans la pratique, on ajoutera quatre bons millimètres de manière à laisser un peu de place à la colle lors du scellement de la tige.

La profondeur de perçage sera d'environ 25 mm.

Le style est constitué de deux parties. D'un tube d'aluminium de 6 mm de diamètre extérieur et d'une tige ronde en laiton de 4 mm.



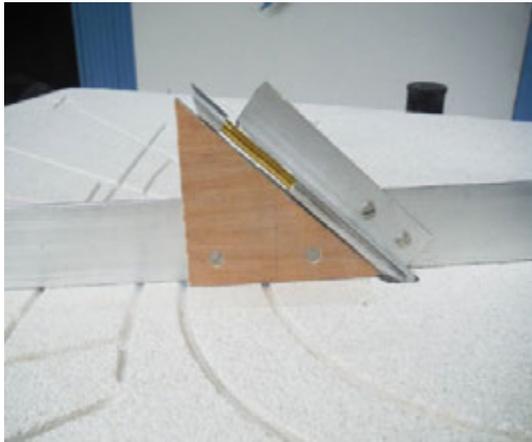
Dans notre exemple, le style doit faire 109 mm de longueur. On coupe un morceau de tube d'aluminium de 80 mm de longueur, il servira de pied et de support au rond de laiton.

On coupera, à 45°, un deuxième morceau de tube d'aluminium de 15 mm de longueur.

On ajustera précisément la longueur du style en le faisant coulisser sur la tige de laiton. Il suffira de mettre un point de colle pour immobiliser la pointe.

Le style sera maintenu en place lors de son scellement, par une équerre.





Au moment de la gravure du cadran, on aura pris soin de récupérer un peu de poudre de pierre. Elle sera mélangée, en surface, avec la colle de type 'Araldite' pour



effacer les éventuelles imperfections du perçage.

Avant de fixer notre style, il faut nettoyer la pierre. Les lignes et les courbes dessinées au crayon, pas trop gras avais-je dit...partiront en frottant avec de la lessive St Marc.



On laissera sécher la pierre et on appliquera ensuite, à l'aide d'un pulvérisateur un produit protecteur hydro-oléofuge qui, selon l'optimisme du fabricant, préviendra ou ralentira la formation des salissures.



Positionnons le style...

L'installation du cadran...

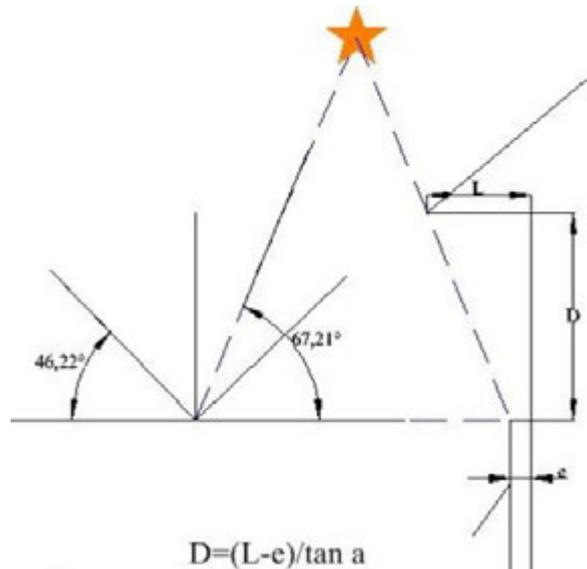
Avant de le fixer, il nous reste maintenant à déterminer sa position en hauteur sur la façade. En effet, il serait dommage que l'ombre du débord du toit vienne perturber la lecture de l'heure le jour du solstice d'été.

Le 21 juin à la latitude de Budelière, le soleil culmine à 67°12'41'' de hauteur.

La distance minimale du cadran par rapport à la base du toit est donnée par la relation suivante :

$$D = (L - e) / \tan a$$

L étant le débord du toit, e l'épaisseur de notre cadran et a¹ la hauteur du Soleil le



1 Attention, l'auteur a choisi la lettre "a" pour la hauteur du Soleil. Ce qui n'est pas l'écriture gnomonique habituelle.

jour du solstice d'été.

Pour une raison d'esthétisme, j'ai pris ici le rebord du cadran plutôt que la pointe du style. La valeur de e dans cet autre cas serait de (+69.3 mm).

69.3mm représente la valeur du style droit.

Le cadran présenté ici fait 40mm d'épaisseur, le débord du toit fait 360 mm et l'angle a ($90 - 67^{\circ}12'41''$) = 22.79° . La distance minimale D est donc de 761.6 mm.

La fixation du cadran

Les trois pattes de soutien seront découpées dans une cornière d'aluminium de 6 mm d'épaisseur.

L'utilisation d'un gabarit de perçage, découpé dans un contre-plaqué léger facilitera le repérage des trous de fixations sur le mur.



Attention à bien s'assurer de la parfaite horizontalité du gabarit pour ne pas compromettre la précision du cadran...

Pour un mur en parpaings, on utilisera trois tiges filetées de 8 mm de diamètre et des chevilles à scellement chimique.



Prudence...

Percer un mur à plus de 5 mètres de hauteur, réclame un peu d'attention... Selon son contrat d'assurance, on choisira de travailler seul ou accompagné.

Seul..., bien haubaner son échelle et prévoir un harnais est un minimum. Si l'on travaille dans un environnement isolé, prévoir de quoi se restaurer au cas où, victime d'une maladresse, on resterait bêtement accroché à la façade pendant plusieurs jours...

Le temps est venu de l'inauguration...

Un peu fébriles le cadranier, la cadranière..., c'est l'épreuve redoutée de la vérification de la justesse du cadran ! A quoi bon !

Désormais, l'heure en vigueur n'est-elle pas celle de Budelière ?

Mais si nos vies trépidantes réclament de devoir se caler sur l'heure légale en France, il nous faudra alors appliquer trois corrections.

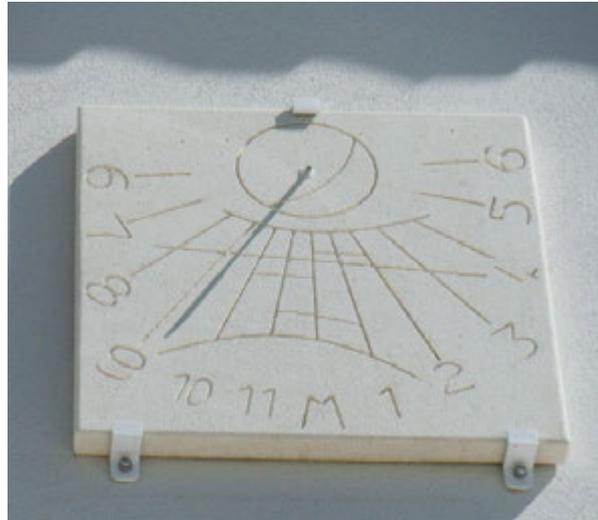
Celle de l'écart en longitude, (-12 minutes 48 secondes), celle de l'heure d'hiver/été, (+1h/+2h), et celle de l'équation du temps.

Cette dernière correction, un peu mystérieuse, découle d'une part du fait que la Terre ne tourne pas autour du Soleil sur une orbite circulaire mais plutôt elliptique, et d'autre part de l'obliquité de l'écliptique.

En effet, la Terre accélère sur son orbite entre le 5 juillet et le 2 janvier, elle ralentit ensuite jusqu'à la date de sa prochaine aphélie. La conséquence directe de cette inconsistance est que l'ombre projetée par le style de notre cadran passera, au cours de l'année, un peu en avance ou un peu en retard sur la ligne gravée du midi.

Cette correction de temps pourra aller de plus 14 minutes le 11 février à moins -16 minutes le 3 novembre. On oubliera nos calculettes quatre fois par an : le 15 avril, le

13 juin, le 1^{er} septembre et le 25 décembre dates pour lesquelles l'équation du temps s'annule.



Vérification de la justesse du cadran

Quelle heure est-il à la montre ?

Le cadran indique 14h00 le 9 octobre, quelle heure est-il à la montre

$$H (\text{montre}) = H (\text{cadran}) + (\text{eq du T}) + (\text{longi}) + (1\text{h ou } 2\text{h})$$

- 1) Le 9 octobre l'équation du temps est - 12 mn 48sec
- 2) L'écart de temps en longitude pour Budelière est 9 mn 51 sec à l'Est de Greenwich
- 3) Correction heure d'été : + 2h

Il est à la montre :

$$(14h 00) + (-12 \text{ mn } 48 \text{ sec}) + (-9 \text{ mn } 51 \text{ sec}) + (2h) = 15 \text{ h } 37 \text{ mn } 21 \text{ sec}$$

Quelle heure est-il au cadran ?

La montre indique 15h 37mn 21sec le 9 octobre, quelle heure est-il au cadran ?

$$H (\text{cadran}) = H (\text{montre}) - (\text{eq du T}) - (\text{longi}) - (1h \text{ ou } 2h)$$

- 1) Le 9 octobre l'équation du temps est - 12 mn 48sec
- 2) L'écart de temps en longitude pour Budelière est 9 mn 51 sec à l'Est de Greenwich
- 3) Correction heure d'été : + 2h

Il est au cadran :

$$(15 \text{ h } 37 \text{ mn } 21 \text{ sec}) - (-12 \text{ mn } 48 \text{ sec}) - (-9 \text{ mn } 51 \text{ sec}) - (2h) = 14 \text{ h}$$

A l'épaisseur près du trait, du gnomon et de l'habileté de Marie... ce nouveau cadran est maintenant prêt à distiller ses plus belles heures.

Il vous manque quelque chose ? Une maxime peut être ?

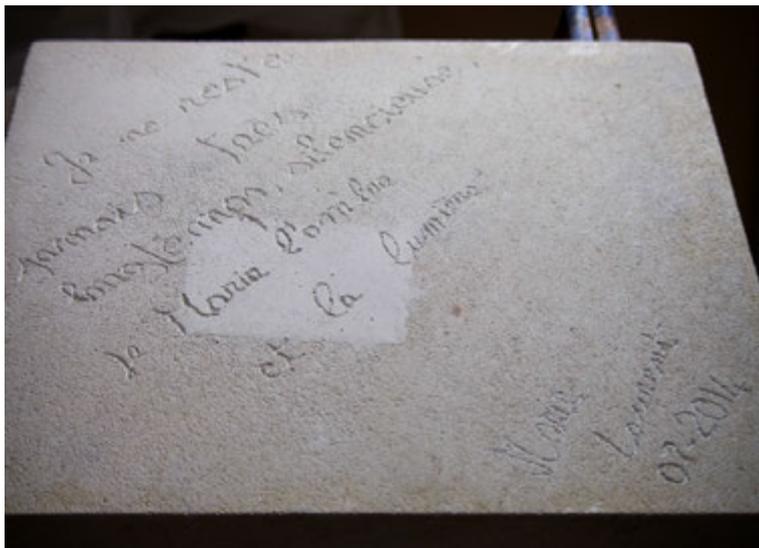
Celle-là restera cachée, silencieuse...

L. Souchu

« Merci Laurent pour ces moments de partage et...

patience, pour remettre l'heure à son heure par un jeu d'ombre et de lumière. »

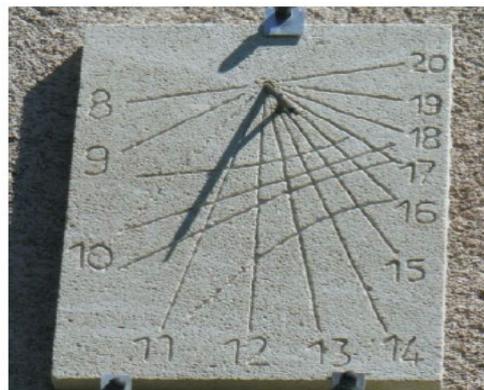
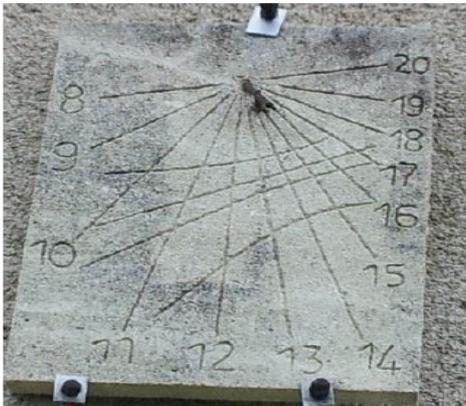
Marie.



Annexe 1 :

L'hydro-oléofuge n'a pas tenu toutes ses promesses..., mon cadran est sale !

- ° **Peu sale** : Nettoyer la pierre avec de la lessive St Marc.
- ° **Moyennement sale** : Nettoyer la pierre avec de l'eau de javel diluée ou pure.
- ° **Très sale** : Nettoyer la pierre avec de l'acide chlorhydrique diluée à 10%.



Annexe 2 :

En manque d'inspiration... Quoi graver sur mon cadran ?

Outre les habituelles dates d'anniversaires, on pourra graver la courbe du jour et de l'heure de la prochaine éclipse totale de Soleil visible sur le lieu d'implantation du cadran... j'espère qu'il fera beau..., ou des prochains passages au périhélie de la comète de Halley. Vraiment en manque d'inspiration, on pourra lancer les dés, c'était tombé sur le 9 octobre...

Pour les maximes, on trouvera une foule d'idées sur internet. Attention, celui-là est un tag durable...Évitez les maximes du genre : ‘N’engueulez pas le patron, la patronne s’en charge’.

Annexe 3 :

Bibliographie :

La Gnomonique de Denis Savoie, collection ‘l’âne d’or’.
Midi au soleil de Pierre Bourge et Jean Fulcran.

Annexe 4 :

Tableau 2013 des déclinaisons du Soleil et de l'équation du temps à 12h TU, envoyé par la Commission des Cadran Solaires dans son info-mail n° _2013 de Bonne année.





L'horloge de la nature

Ennia Visentin traduction R. Anselmi

Description poétique de "l'Horloge de Flore" à Bacoli en osmose avec la nature.

C'est par un samedi de novembre, sombre et chaud, dans le Campi Flegrei, exactement à Bacoli sur la côte Ouest du golfe de Pozzuoli, à moins de trente miles de Naples (fig.1).

Un espace naturel et architectural d'une valeur historique, artistique et ambiante extraordinaire où est concentré, dans quelques kilomètres carrés, un complexe archéologique important et prestigieux, qui peut être compté parmi les sites ayant une valeur universelle et des richesses sans égales.

C'est là que je suis arrivé en voiture de Naples, le long de la rocade Est, puis en bas, le long de la route côtière qui s'allonge comme un amphithéâtre naturel dans le golfe de Pozzuoli



Fig.1: Le golfe de Pozzuoli

Juste un coup d'oeil pour comprendre que cette région a été façonnée et modelée par des énergies profondes et cachées depuis des temps immémoriaux. Elles ont été lâchées dans le coeur de la Terre donnant naissance à des phénomènes de bradyséisme. A mentionner que presque toute la région de la Campanie, depuis l'époque Grecque, se caractérise par la présence de grottes, tunnels, souterrains, réservoirs, catacombes et par des fouilles continues pendant près de trois mille ans.



Fig 2 : Le Rameau d'or, Bacoli. La carrière transformée en jardin et l'entrée du tunnel (à gauche)

Je me dirige vers "Le Rameau d'or" à Bacoli, une ancienne carrière de tuf transformé en un charmant jardin où un mélange : variétés d'arbres, plantations d'agrumes et de roses anciennes aux parfums orientaux, qui se succèdent en créant un environnement hors du temps et de l'espace. (Fig.2)

La carrière a été creusée à la main entre la fin de l'an 800 et le début de 900 afin d'extraire de la pouzzolane de la couche de surface, puis le tuf, utilisé pour la construction du village de Bacoli..

La dernière excavation concerne un tunnel qui pendant la seconde guerre mondiale servait d'abri anti-aérien pour la population locale.

Ce lieu magique est traversé par l'aqueduc de Serino, un des ouvrages publics les plus importants de l'époque d'Auguste, avec un parcours de près de cent kilomètres dont à 90% en souterrain.

L'aqueduc alimentait en eau potable à partir des montagnes d'Avellino les villes romaines de la Campanie, en arrivant à Campi Flegrei et jusqu'à la Piscine Admirable (fig. 3), citerne terminale, de laquelle dépendait l'approvisionnement de la flotte impériale qui était basée à Misène.

La date du 30 décembre de l'année 10 après J.C. est mentionnée dans une inscription sur le mur dans la région de la colline du Lucrin qui célèbre ainsi l'ouverture d'une connexion du tunnel.



Fig. 3 : Piscine Mirabile Bacoli

C'est un environnement suggestif, enveloppé entre les feux éblouissants de la surface et l'obscurité du monde souterrain. Ici l'histoire et la légende s'entrecroisent et se mêlent, l'art et la science se chevauchent, l'espace et le temps, le travail de la nature et l'homme luttent sans relâche, nous sommes dans la demeure éternelle de Flore, déesse des fleurs, des jardins et printemps.

Dans une zone un peu isolée, loin des regards indiscrets s'ouvre un espace où la lumière inonde et délimite le caractère sacré d'un bosquet dense de mandarines, oranges et citrons. C'est un espace qui rappelle les ruines d'anciens temples consacrés aux dieux du Temps et des Saisons.

L'être humain, sur la base d'une horloge cosmique innée, était en mesure de naviguer avant même de mesurer le temps. C'est le gnomon qui a été érigé en premier pour capter un rayon de soleil et de porter son ombre. Cela bien avant que n'apparaissent les sabliers ou horloges hydraulique pour rythmer les activités humaines.

La capacité ancestrale des anciens pour s'orienter était présent également chez les animaux et les plantes. Le chant et le vol des oiseaux ou la vie cyclique des fleurs et des plantes ainsi que des calendriers saisonniers ponctuelles sont devenus des indicateurs de moments de la journée et de la nuit.

Pline avait déjà remarqué la précision de certaines fleurs et il avait suggéré qu'il était possible, à travers l'observation de celles-ci, de reconnaître les différentes saisons de l'année.

Dans la première moitié du XVIIIe siècle, le brillant scientifique suédois Carl Linnaeus, fondateur de la botanique moderne, découvrit plusieurs variétés de fleurs qui ouvrent leurs corolles à un moment particulier et précis de la journée, couvrant toutes les heures du jour et de la nuit. La figure 4 représente cette classification des fleurs et des plantes.

Je suis devant une forme et une beauté suggestive. Il y a trois parties de terre circulaires qui occupent une superficie d'environ quarante mètres carrés. Elles se développent

de la plus large, au niveau du jardin, à la plus petite, élevé et central à l'ensemble de la composition.

Les petites terrasses sont délimitées par des murets de confinement.

Le premier cercle, le plus élevé, est idéalement divisée en deux secteurs d'où s'élèvent le Soleil et la Lune sculptés dans la pierre locale. Jour et nuit, dominant et regardent tout le jardin.

Le deuxième cercle est divisé en vingt-quatre secteurs qui représentent les heures de la journée et de la nuit, où chaque secteur se développe dans une famille de plantes différentes, dont les fleurs éclosent à un certain moment.

Le dernier cercle entoure l'ensemble de la composition avec diverses variétés pour les 24 heures, même celles près des piliers gravés en pierre blanche locale (figure 5-6).



Fig 4 : Horloge fleurie de Carl Linnaeus



Fig. 5 : Vue générale de l'horloge de Bacoli

Le jardin dispose de « fleurs solaires d'équinoxe », comme les définit Linnaeus, c'est-à-dire des fleurs dont les corolles s'ouvrent et souvent se ferment à un moment très précis de la journée ou de la nuit.

Ainsi, nous trouvons l'Epine-vinette et les Barbes de bouc (figure 7), les Liserons et l'Ipomées, le Taraxacum et le Souci (Fig.8) : depuis les premières heures après minuit à la lumière du Soleil chaud mais discrète dans la matinée. Le Gazania à dix heures (Fig.9), puis le Lait de poule avec ses blanches corolles en forme d'étoile, qui dans le sol français a conquis le nom de « Dame des onze » pour des ouvertures à des heures de référence.

Le Figuier des hottentots en plein midi, suivi par les Scilles, les Pourpiers et les Alysses. Avec la tombée du jour se montrent fièrement la Belle nuit, la Stramonium, l'œnothère et certains Cactus, pour se terminer à minuit avec l'éclosion des belles et franches *Selenicereus grandiflorus* connus comme la reine de la nuit.



Fig 6 : bordure



Fig. 7 : Salsifis Violet.
Il s'ouvre à 2h.



Fig. 8 : Calendula officinalis.
Il s'ouvre à 8h.



Fig. 9 : Gazania rigens.
Il s'ouvre à 10h

La poésie de ces fleurs délicates et parfaites, si harmonieusement composé dans l'horloge de Flore, a séduit le musicien français contemporain Jean Francaix. "L'Horloge de Flore", sept chansons pour piano et hautbois a été consacré à autant de fleurs de l'horloge du grand botaniste suédois.

Dans ce jardin enchanté, tous les vingt juin, le jour du solstice d'été, est renouvelé cet hymne à la nature, au temps et aux hommes qui ont été en mesure de saisir, avec respect et

admiration, cette vie cyclique prodigieuse des fleurs sensibles à chaque heure, sur la base d'une horloge cosmique. Elles offrent l'éclosion des leurs calices à vol d'ailes d'or des créatures du Soleil et de la Lune.

Liste des végétaux composant l'horloge

- Sonchus tenerrimus, crespino sfrangiato (1)
- Tragopogon porrifolius, barba di becco (2)
- Convolvulus arvensis, convolvolo dei campi o vilucchio comune (3)
- Hemerocallis fulva (4)
- Ipomoea purpurea, campanelle o Morning Glory (5)
- Taraxacum officinale, tarassaco o dente di leone (6)
- Nymphaea alba, ninfea comune o bianca (7)
- Calendula officinalis, calendula (8)
- Osteospermum pluvialis, dimorfo teca (9)
- Gazania rigens (10)
- Ornithogalum umbellatum, latte di gallina o stella di Betlemme, in Francia 'signora delle undici' (11)
- Carpobrotus acinaciform, fico degli ottentotti(12)
- Delosperma cooperi (13)
- Scilla peruviana, scilla cupanii (14)
- Portulaca grandiflora, portulaca o porcellana (15)
- Alissum maritimum, alisso annuo (16)
- Miralibis jalapa, bella di notte (17)
- Ipomoea bona'nox,; Morning Glory o ipomoea alba (18)
- Silene noctiflora, silene notturna (19)
- Tradescantia virginiana, erba miseria (20)
- Datura stramonium, datura o stramonio (21)
- Cereus, (22)
- Echinopsis, cactus (23)
- Selenicereus grandiflorus, regina della notte (24)

Le Rameau d'or : Restaurant, Bar Lounge, Événements
www.ilramodoroeventi.it

info@ilramodoroeventi.it

Ennia Visentin

Peintre, chercheur et gnomoniste
enniavisentin@gmail.com
www.enniart.it

www.sundialatlas.eu/atlas.php?sp=165



E. Visentin et R. Anselmi

www.enniart.it



Ennia Visentin
ARTE DECORATIVA



page :

<http://www.enniart.it/ITALIANO/Merid1.htm>



	<h1>INFORMATIONS DIVERSES</h1>	
---	--------------------------------	---



° Dernières réalisations ou découvertes

- Claude Gahon : un Héliosauure

Eh bien voilà un mystère de la paléontologie résolu : les dinosaures savaient lire l'heure du Soleil et plus particulièrement un de ces plus fameux représentants : "Héliosauure" ! Authentique ! C'est ma toute dernière découverte et je vous en donne la preuve en photos et quelques explications.

Après de longues et fastidieuses recherches je me suis aperçu que chacun des éperons de l'animal était en fait un style polaire et qu'il projetait son ombre sur l'éperon suivant, à la manière des cadrans orientaux et/ou occidentaux. A condition bien sûr d'orienter l'animal pour qu'il regarde à l'Est le matin et à l'Ouest l'après-midi.

Chaque éperon est numéroté selon les heures rondes, cette heure ronde est atteinte quand l'ombre reçue est juste à la limite vert/blanc, cette limite correspondant à la ligne horaire du cadran oriental (occidental).



Photo 1

Petit problème du cadran oriental (occidental), il est quasiment impossible d'obtenir une ombre dans l'espace horaire 11h-13h, sinon à l'infini, ce qui n'est pas très pratique.

Mais notre Héliosauure a plus d'un tour dans son sac grâce au profil de ses pattes de devant qui deviennent ainsi des styles de cadrans verticaux.

On estime donc les heures manquantes entre 11h et 13h en suivant l'ombre de la patte dans le petit triangle blanc associé.



Photo 2

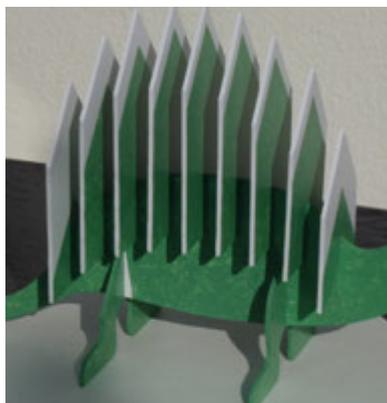


Photo 3



Photo 4

Les éperons sont numérotés en partant de la tête vers la queue (0).4.5.6.7.8.9.10.11 pour le matin, 13.14.15.16.17.18.19.20. (0) comme on peut le voir sur la maquette non terminée de la photo 2.

La photo 3 est prise le matin on peut lire 9h, la photo 4 est de l'après-midi et on estime l'heure entre 14h et 15h.

Malin ce saurien n'est ce pas et n'a t-il pas fière allure en photo 1 !!

- Claude Gahon : une marguerite

Cela pourrait-être un chrysanthème compte-tenu de la période de sa réalisation, mais je préfère le voir comme une marguerite. C'est plus pratique pour son effeuillage.

En effet mon dernier ressemble à cette fleur avec laquelle, comme beaucoup je pense, on a joué à son effeuillage en prononçant les fameux : je t'aime, un peu, passionnément,,

Point de sentiment amoureux dans mon cadran, mais j'ai gardé ce principe de retirer les pétales au fur et à mesure pour trouver lequel a son coté éclairé par le Soleil. A ce moment apparaît sur l'anneau le nombre correspondant à l'heure solaire.

Vous aurez facilement compris qu'il s'agit d'un équatorial et que chaque pétale représente 15° , donc 1 h solaire. Et il faut être complètement fou amoureux pour tout effeuiller !!!



Les photos ci-dessous et le petit croquis vous permettront, je l'espère, de mieux visualiser le problème.



Remarque :

Petite histoire de la construction de ce cadran. Comme on peut le voir sur les photos, le pied est d'une seule pièce (également de mon invention...aie, ma cheville !!), découpée dans une plaque d'aluminium de 1.5 mm d'épaisseur. Seulement voilà, l'alu en plaque est très rigide, mais découpé en bande étroite il devient très souple et ma "marguerite" en bois est relativement lourde, alors le support se met à balancer dès qu'on y touche !!!

L'effeuillage" doit donc être très "amoureux", surtout que les pétales sont également assez instables à cause de leur faible surface portante.

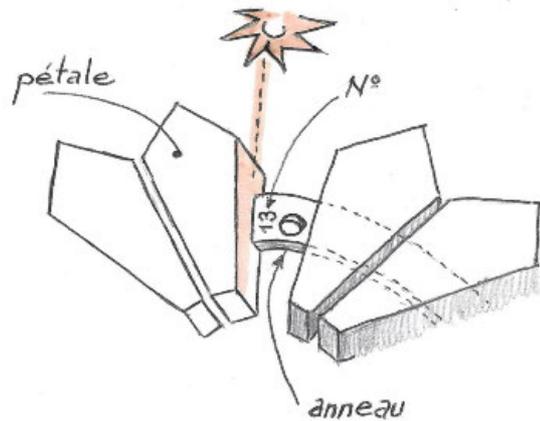
Il y a donc quelques petites erreurs de conception, mais n'est ce pas le propre de toute création ?

Effeillage Solaire :

Pour estimer l'heure solaire il faut "effeuiller" jusqu'à trouver le pétale dont le côté est éclairé par le soleil.

Le N° gravé sur l'anneau indique le début de la tranche horaire.

Sur l'exemple ci-contre, il est entre 13h00 et 14h00 solaire.



- Claude Gahon : Galaxie

C'est d'actualité avec ce robot posé sur une comète qui a donc voyagé dans la galaxie et vu pas mal de planètes et autres Soleils.

Voici donc une représentation simplifiée de cet espace galactique avec seulement 22 planètes et 2 Soleils, gravitant autour de l'axe céleste. Vous verrez évidemment un classique cadran équatorial :

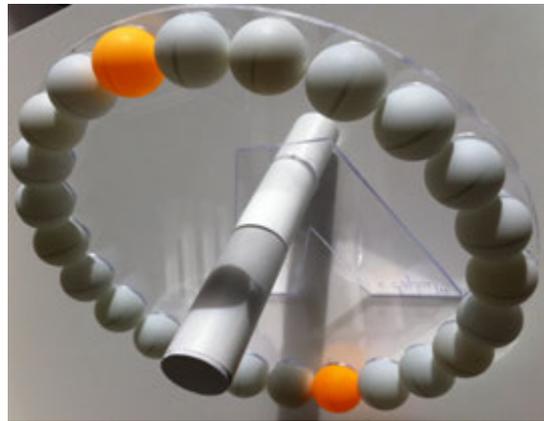
- ° balles de ping-pong (j'aime ça !!!) pour les "planètes", correspondant chacune aux heures rondes, les balles oranges pour les soleils repèrent Midi,

- ° plexiglas pour le disque équatorial, transparent comme l'espace interplanétaire, qui permet entre autre de pallier au problème de la position du Soleil au-dessus ou en dessous (comme en ce moment) du plan équatorial,

- ° tube PVC pour l'axe,

- ° plexiglas pour le pied support,

mobile le long du tube pour un réglable du cadran selon la latitude du lieu.



L'heure solaire s'apprécie de 2 façons (cf "Clé de Soleil") en cherchant la "planète" qui a son ombre sur le tube axial, ou celle qui reçoit l'ombre de ce tube. Les fractions d'heures s'estiment en fonction de la proportion d'ombre sur les balles ou sur le tube.

J'aurai pu compléter les options de lecture en perçant les balles de ping-pong comme dans "Lune Solaire" et/ou "Sapin de Soleils"¹ mais 2 possibilités suffisaient déjà.

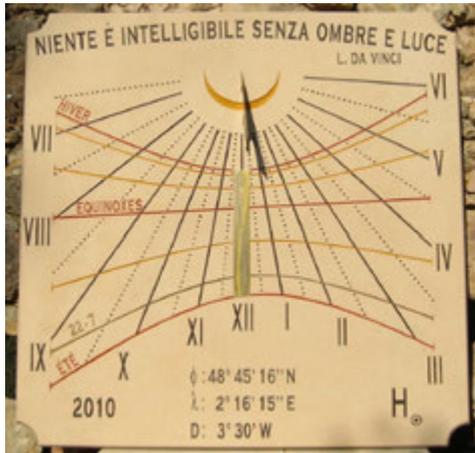
Je vous laisse méditer sur la dimension spatiale de la chose.



- Pierres de Rosette : cadrans divers

¹ Respectivement dans CI n° 28 p 163 et CI 29 p49

Voici quelques cadrans réalisés dernièrement par « Pierre de Rosette », 7150 Hameau des Bertrands - 83340 LE THORONET.



Brève description : cadran vertical, indique l'heure solaire, courbe de l'équation du temps sur la ligne de midi, 7 arcs diurnes (le 21 de chaque mois et le 22 juillet)

Caractéristiques : $\phi = 48^{\circ} 45' 16''$ N, $\lambda = 2^{\circ} 16' 15''$ E, Orientation de la façade : $183, 3^{\circ}$

Adresse : 3 allée de la Ferme 91370 Verrières le Buisson

Dimensions : 80 x 80 x 3 cm

Devise de Léonard de Vinci : Niente è itelligibile senza ombre e luce (italien) - Rien n'est intelligible sans ombres ni lumière

Brève description : Cadran Horizontal, indique le Temps solaire vrai corrigé de la longitude

et du fuseau horaire de l'heure d'été.

Caractéristiques : $\phi : 43^{\circ} 27' 8''$ N, $\lambda : 6^{\circ} 18' 10''$ E

Dimensions : \varnothing 100 cm

Année : 2007

Adresse : Place Sadi-Carnot 83340 LE THORONET



Brève description : méridienne verticale, indique l'heure solaire ainsi que l'heure moyenne locale 5 événements représentés : le solstice d'hiver, l'équinoxe de printemps, le solstice d'été, le 10 et le 22 septembre

Caractéristiques : Latitude : $\phi = 43^{\circ} 30' 10''$

Nord, Longitude : $\lambda = 6^{\circ} 28' 25''$ Est

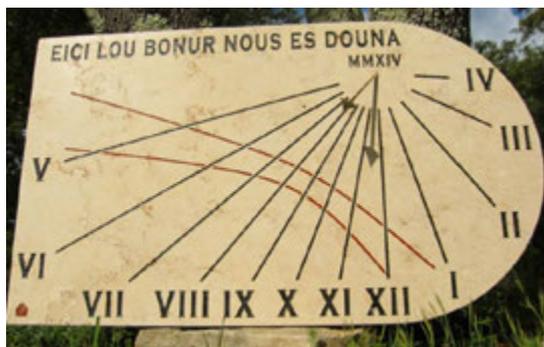
Orientation de la méridienne : 180° (Plein Sud)

Adresse : 788 chemin du Cassivet, 83720

TRANS-EN-PROVENCE

Dimensions : 123 x 12 x 4 cm

Brève description : cadran armillaire réglable, indique le temps solaire vrai
Arcs diurnes : solstices, équinoxes
Année : 2008
Dimensions : 38 x 140 cm
Adresse : Pierres de Rosette 7150
Hameau des Bertrands 83340 LE THORONET



Brève description : cadran vertical, indique l'heure solaire

2 arcs diurnes : le 17 avril et le 19 mai

Caractéristiques : Latitude : $\phi = 43^{\circ} 31' 46''$ Nord, Longitude : $\lambda = 6^{\circ} 27' 36''$ Est

Orientation de la façade : 143.7° (Sud Est)

Adresse : 298 ch des Aubépines 83300 DRAGUIGNAN

Dimensions : 100 x 60 x 2 cm

Devise : EICI LOU BONUR NOUS ES DOUNA en Provençal (ici le bonheur nous est donné).

⇒ Dans la version numérique, en annexe : Le fichier "Cadrans PdR 05.11.2014.pdf" présente l'ensemble des cadrans

- Claude Gahon : un jeu

Claude est joueur il propose une devinette à Joël Robic : comment fonctionne mon nouveau cadran ?

La réponse ne tarde pas : « Pour ton nouveau jeu, à mon avis :

- c'est un cadran horizontal où les lignes s'empilent par tranche horaire,
- pour lire l'heure, il faut déplacer les disques horaires de la partie verticale à la partie polaire ou inversement de façon à ce que l'ombre du style se trouve dans le petit triangle,

- la balle de ping-pong ne sert pas,
- les trous verticaux non plus,
- on peut lire l'heure aussi en en gardant plateau du dessous où les lignes horaires apparaissent en rouge et blanc, mais ça deviendrait un équatorial trop classique ! »



Rien à ajouter à ta solution, je vais même garder ton texte explicatif, juste à préciser que dans la dernière assertion le cadran devient horizontal et non équatorial.

Pour la petite histoire, j'ai nommé mon cadran "Emilien's Solar Game" pour remercier mon petit fils Emilien (11 ans) de m'avoir donné l'idée de ce cadran. En observant "Temple du Soleil", il m'a dit: "Papi, il faudrait trouver un truc avec des jetons toutes les heures".

- Gérard Labrosse : cadran à Baugy

« Avec Isabelle Marconnet (peintre pour les bâtiments de France domiciliée à Saint Martin de Lac près de chez moi), nous venons de terminer récemment un cadran solaire vertical déclinant sur l'église de Baugy à coté de Marcigny dans la Saône-et-Loire.

J'ai assuré la technique et elle l'a peint à la peinture à la chaux sur un support de chaux aérienne lui même exécuté sur une préparation de chaux hydraulique. Elle va d'ailleurs envoyer le dossier technique aux monuments de France.

J'ai pris en photos toute la fabrication étape par étape, cela a été pour moi l'occasion de me remettre au travail avec beaucoup de joie. J'ai réalisé le calque en repérant les coordonnées en X et Y sur le bords du calque, ce qui était plus précis qu'en prolongeant les lignes horaires du dessin de Shadows ».



- Installation du cadran : Baugy (71110) :

Latitude 46' 18' 33" Nord ; Longitude 4' 04' 39" Est ; Fuseau horaire UT - 0 h ; Ecart de longitude -16 min 19 s ; Année 2013.

- Caractéristiques du cadran :

Cadran vertical déclinant du matin (7°36' Est) ; 190 mm x 160 mm ; hauteur du style (A-C) = 30 mm ; longueur du style (A-B) = 31,93 mm ; angle de la sous-stylaire = -7,20°, angle au sommet du style polaire 46,79° (46° 47' 24").

- Gérard Labrosse : cadran à l'heure de la montre

Voici un Appareil pédagogique à tester les cadrans ou permettre de comprendre les applications des logiciels de gnomonique.

Un rapporteur d'angle est indexé à 0° en direction du Sud géographique. Cet ensemble est monté sur un axe en inox enfoncé et scellé bien verticalement (photo 1).

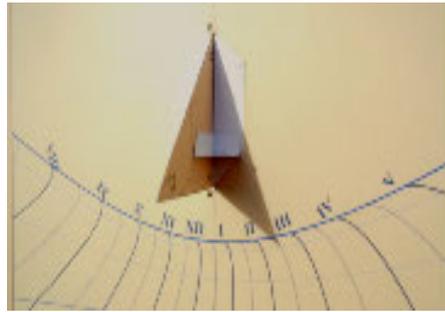


Photo 1

Un deuxième axe, emboîté sur le tube inférieur, sur lequel est installée une table permet de fixer le tracé d'un cadran.

Cette table est donc orientable à demande par rotation, une tige inox permettant de choisir la déclinaison désirée (photo 2).

Pour cet exemple, il s'agit d'un cadran tracé en heures moyennes (avec le logiciel Shadows), en tenant compte de la latitude ainsi que de l'ajout d'heure légale d'hiver à cette date du 22 novembre 2014.



La courbe est tracée pour la période de juin à décembre pour faciliter la lecture.



Ce cadran indique donc l'heure de la montre.

- Jean-Pierre Vergne : Directions astronomiques

« Membre de la SAF depuis très longtemps et ayant réalisé plusieurs cadrans solaires, je pense que mes recherches sur " *Les Directions astronomiques datant de la préhistoire : un des plus anciens Cadrans Solaires* " peuvent intéresser d'autres membres de la CCS et les personnes qui s'occupent d'archéoastronomie.

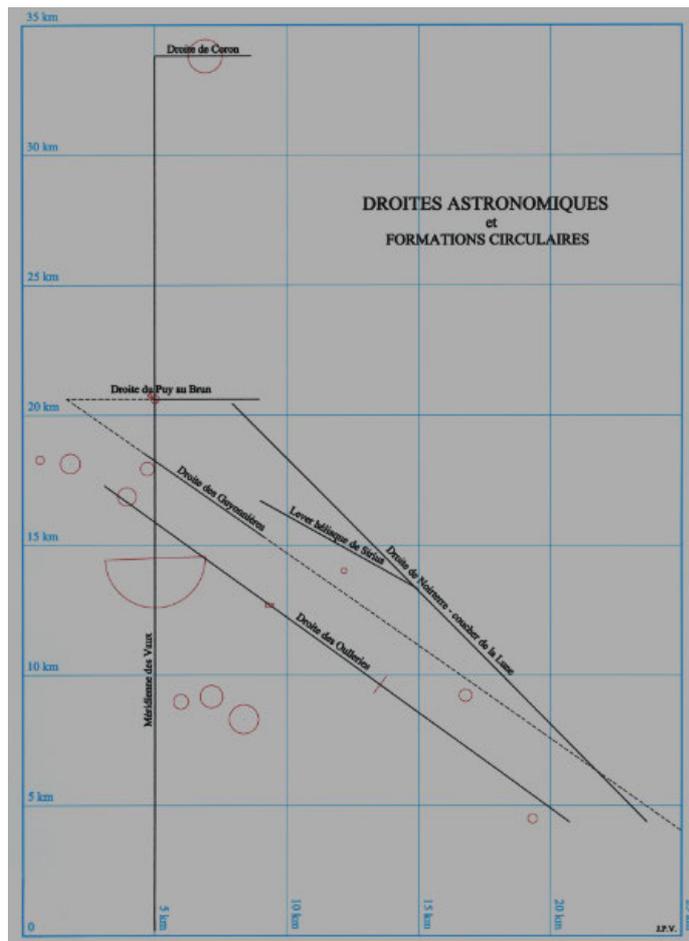
Toutes les photos originales, les cartes IGN, les calculs et les dessins sont regroupés sur un CD-Rom.

L'endroit se situe à 20 km au sud-est de la ville de Cholet. Le point de départ des recherches est un site de gravures rupestres découvert en 1876 sur la commune de Saint Aubin de Baubigné.

Ce site a été classé monument historique en 1982 mais s'est beaucoup dégradé depuis sa découverte. Jusque-là, les recherches se sont surtout concentrées sur l'interprétation des gravures et leur datation.

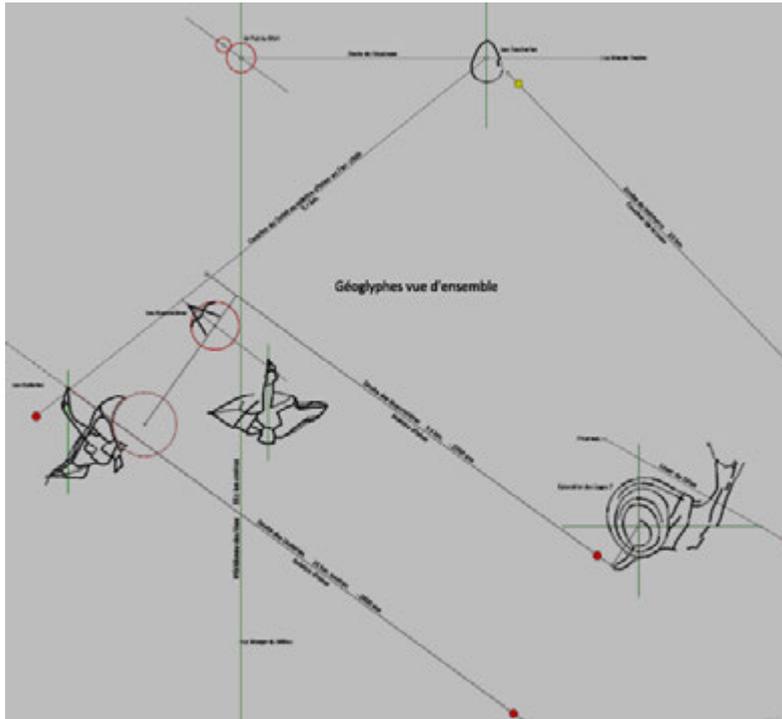
En utilisant la couverture aérienne du site Géoportail de l'IGN, j'ai recherché les rapports que le site entretenait avec son environnement. Des traces sont découvertes à l'emplacement des anciens chemins, plusieurs longues lignes droites, des formations circulaires, des enceintes, puis, quatre grands géoglyphes.

Plan d'ensemble ►



D'après la topographie, deux lignes droites prennent naissance sur un point haut et se dirigent vers le lever du Soleil au solstice d'hiver sur l'horizon à 24 km. Une tentative de datation de ces lignes en comparant leurs azimuts géographiques avec les différents levers de Soleil en fonction de la variation de l'obliquité de l'écliptique, situe la période des observations vers -2500 ans av. J.C. Les azimuts géographiques de ces droites sont calculés en relevant avec précision les latitudes et longitudes sur Google-Earth.

Par la suite, seront découverts: une très longue méridienne, deux droites d'équinoxes, une droite se dirigeant vers le coucher de la Lune à sa plus grande déclinaison positive, et un chemin, long de 7 km, baptisé arbitrairement "Ancienne Voie Romaine", qui s'aligne sur le lever héliaque de Sirius vers -2300 ans av. J.C.



▲ l'Œuf des Foucheries

◀ Les géoglyphes

Les grands géoglyphes sont probablement en relation avec l'astronomie. L'œuf au milieu de son site mégalithique nous montre qu'à la préhistoire on

s'interrogeait sur l'origine de l'univers.

L'escargot avec sa spirale symbolise le temps qui passe et la vie qui se développe, ses lignes rayonnantes en direction des levers du Soleil, de la Lune et des étoiles principales servaient de calendrier. Quant au deux oiseaux, ils sont peut-être la représentation des constellations.

Les anciens savaient utiliser la topographie et avaient des connaissances en astronomie et en mathématiques plus avancées qu'on se l'imagine. En tout cas, comme les astronomes d'aujourd'hui, ils construisaient de grands instruments et nous avons là un des plus grands et des plus anciens cadrans solaires. Il y a sûrement d'autres sites du même genre qui se cachent dans nos paysages et qui restent à découvrir.

Le CD-Rom

Disponible auprès de Ph. Sauvageot sauvageotph@wanadoo.fr au prix habituel de 6€ + 3,50€ (frais d'envoi), présente un ensemble de lignes astronomiques datant de la préhistoire ainsi que diverses formations circulaires et quatre grands géoglyphes probablement de la même époque. L'endroit, situé au sud-est de la ville de CHOLET, s'étend du nord au sud sur 35



km et 25 km d'Est en Ouest (d_Plan d'ensemble, d_Vue d'ensemble_1, d_Vue d'ensemble_2).

Les dessins sont réalisés avec PaintShopPro dans le système de coordonnées en pixels et toutes les directions astronomiques y sont calculées et reportées avec précision. La datation des grandes lignes a été faite en utilisant la variation de l'obliquité de l'écliptique et situe cet ensemble vers -2500 ans. C'est-à-dire à la fin du néolithique (e_Chronologie).

Les documents

Ils sont présentés dans l'ordre des découvertes :

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1) Présentation | 9) Le coucher de la Lune à Noirterre |
| 2) Site des VAUX_géométrie | 10) Le lever de Sirius |
| 3) Droite des Guyonnières | 11) Formations circulaires et enceintes |
| 4) Droite des Oulleries | 12) Site des VAUX_préhistoire |
| 5) Géoglyphes et calendrier | 13) 3,4,5, Racine de 2 ; Racine de Pi |
| 6) Méridienne des Vaux | 14) Le Bec de l'Oie et l'œuf |
| 7) Droite équinoxe de Coron | 15) Conclusion |
| 8) Droite équinoxe du Puy au Brun | |

- Claude Gahon : Flûte de Pan

Et voici donc tout simplement "Flûte de Pan". On y retrouve le principe du trou par lequel passe les rayons solaires pour faire une tache dans une fenêtre translucide dont la largeur correspond à un éclairage d'une heure. Il y a un tube pour chaque heure et toutes les heures la tache change de fenêtre donc de tube de la "flûte".

Pour corser la partition musicale de cette flûte, chaque tube comporte deux fenêtres servant alternativement pour le matin et pour l'après-midi.



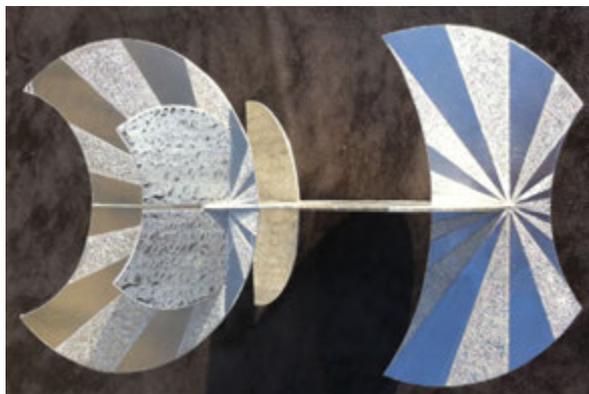
Si dans la théorie tout semble d'équerre, la réalisation pratique m'a posé beaucoup de problèmes essentiellement en raison du faible diamètre des tubes (pas facile à percer avec une grande précision) et à cause des deux sens d'utilisation. Il en résulte une certaine dispersion des taches de lumière dans plusieurs fenêtres, ce qui n'était évidemment pas le but recherché.



Petite précision, les tubes sont en cuivre de diamètre 18 mm, le reste est en plaque d'aluminium, enveloppe : L30 x H17 x P10.

Claude Gahon : exercice de "style" avec mon dernier cadran.

Il pourrait faire penser à une espèce d'animal, poisson ou chien selon l'angle sous lequel on le regarde, mais c'est en fait un engin spatial destiné à la recherche de la lumière solaire !!!



Voilà déjà un moment que j'avais créé un style à deux fentes sur deux surfaces perpendiculaires. J'ai repris cette idée dans cette nouvelle création où l'on retrouve donc deux fentes "styles" décalées dans des surfaces orthogonales.

Les fentes éclairées par le Soleil produisent une raie de lumière sur les surfaces horizontales qui sont de simples tables de cadrans horizontaux. Compte-tenu de la largeur des fentes, celles ci ne sont productrices de cette raie lumineuse que

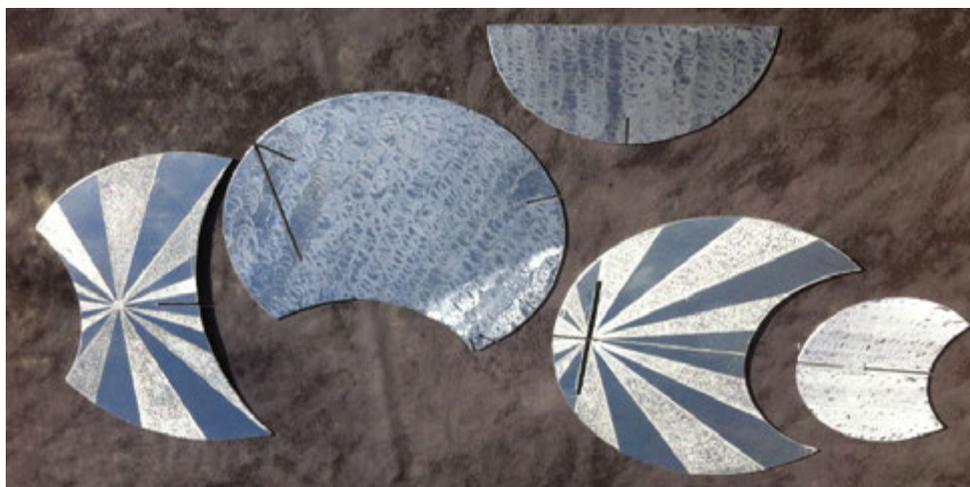


pendant certaines périodes de la journée, selon la position relative du Soleil.

C'est ainsi que sur la table supérieure on lit les heures de 9h à 15h, sur la table inférieure on lit d'abord de 6h à 9h puis de 15h à 18h.

Il y a cependant une petite marge d'environ 20 min avant et après chaque tranche horaire, qui permet de faire la transition entre tranches.

Réalisé dans une plaque d'aluminium de 1,5 mm d'épaisseur, avec des éléments en assemblage à "mi-bois". La couleur bleutée sur les photos est simplement due au reflet sur l'aluminium.



PS : je trouve mes plaques d'alu chez Leroy Merlin : Tôle lisse en aluminium brut, Long 50 cm x larg 25 cm x ép 1.5 mm, référencée : 65268441, au prix de 10.35 € la plaque. Mais je pense que cela doit se trouver facilement dans d'autres magasins de bricolage genre Castorama, Bricorama,Facile à scier à la scie à métaux, facile à percer, mais les découpes en courbes ne sont pas évidentes à la scie sauteuse !!!!

- Claude Gahon : un paramoteur solaire

Non ce n'est pas le moment de partir mais de prendre son envol avec ce paramoteur solaire. Rien de nouveau dans la théorie gnomonique, c'est un équatorial classique. Il suffit de tourner l'hélice de cet engin jusqu'à ce qu'elle n'ait plus d'ombre sur la couronne. Dans cette position l'heure solaire est estimée dans la plage horaire où est arrêtée l'hélice. Vous remarquerez que l'hélice à une forme particulière, ses extrémités ne sont pas très conventionnelles dans ce genre d'appareil volant, mais c'est pour que l'on puisse faire une lecture quand le soleil passe sous l'équateur.

Pour la petite histoire je me suis inspiré d'un pilote au départ de son vol (voir photo jointe), et de mon expérience dans ce domaine puisque je pratique cette activité depuis plusieurs années. A remarquer que dans la position très penchée de "mon pilote" il serait très difficile de décoller, mais je ne suis pas responsable de la latitude !!!!



Ce cadran servira de trophée lors d'une compétition paramoteur organisée par mon club. Cuivre et aluminium sont les composants de l'objet qui ne mesure pas plus de 20 cm de hauteur.



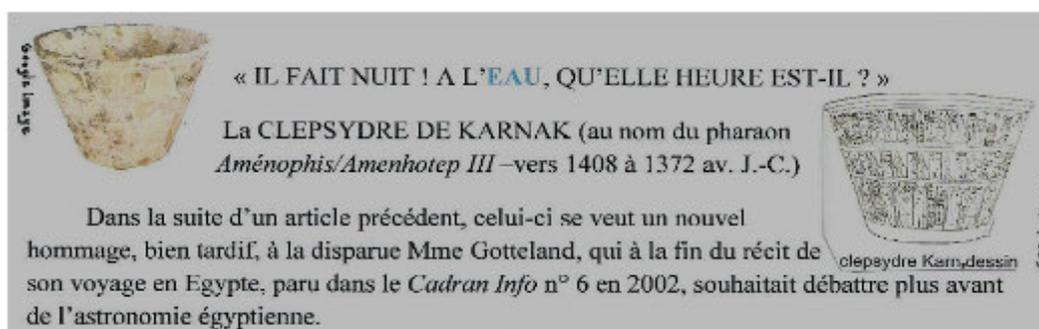


° Informations diverses

- La Clepsydre de Karnak

Dans la continuité de ses études concernant les écritures et/ou chiffres anciens, symboles²... Jean Scordia propose une analyse de la clepsydre de Karnak, au nom du pharaon Aménophis/Amenhotep III vers 1408 à 1372 av J.C.

Afin de préserver l'article d'erreur dû à un transfert en version Word ou Open Office, celui-ci a été numérisé et mis à disposition dans l'annexe de la version numérique de ce Cadran Info.



Sur un plan scientifique, cette clepsydre a été étudiée par différents auteurs, le plus cité étant Borchardt. J'ai consulté précisément deux travaux : une thèse sur « la mesure du temps » de l'Université de Lyon II (« Horloges astronomiques depuis l'Antiquité », dont l'auteur est peut-être M. Eyraud) et la thèse de doctorat de l'Université de Toulouse de K.Gadré sur « ... l'identification des décans égyptiens » comportant les dessins de la clepsydre.

Aucun de ces ouvrages, me semble-t-il, ne fait d'étude détaillée des inscriptions de ce « livre d'images ». Cela a sûrement été réalisé, mais je n'en ai pas trouvé trace. J'ai donc tenté d'en savoir plus sur le sens des glyphes, qui forment le décor :

Comment fonctionne l'instrument ? .

Qu'est-il écrit dessus ?

Cette clepsydre aide à définir les heures des allocutions, des pratiques funéraires, des rituels nocturnes, etc. La nuit débute avec le coucher du Soleil ou le crépuscule et se termine avec l'aube ou le lever du Soleil.



Le calendrier des Egyptiens est divisé en seulement 3 saisons, et en conséquence, pour simplifier les graduations intérieures du vase, on limitait habituellement ces dernières à 3 types de nuit, de 8 h, 10 h et 12 h. Il était difficile techniquement d'atteindre une extrême précision ; l'écoulement de l'eau variant avec sa pureté, la température, la forme du récipient, la hauteur variable ou non du niveau du liquide. Celle-ci se vidait goutte à goutte, par un tube

² Déchiffrement" (Cadran Info n° 27), *Aux quatre vents des cadrans solaires* (Cadran Info n° 28), *Hieroglyphes et cadrans solaires égyptiens* (Cadran Info n° 30).

capillaire ; la forme conique du pot compensait l'irrégularité du débit due à la variation de la pression de l'eau avec la baisse du niveau.

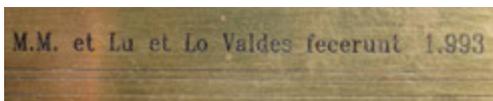
L'« horloge à eau » du temple de Kamak, à Thèbes, fait une description astronomique et mythologique du ciel nocturne de la région (25e degré Nord de latitude) sur son pourtour extérieur, présente un calendrier sur le rebord supérieur et des marques de mesure à l'intérieur, soulignées par deux formules votives répétées.

⇒  **Dans la version numérique, en annexe :**
Clepsydre de Karnak_J.Scordia.pdf

- Astrolabe plan

Dans les objets et documents récupérés dans les archives de monsieur Louis Marquet, donné en septembre dernier par sa fille (réf CR de la réunion des 4 et 5 octobre 2014 page 2), il a été trouvé un instrument de 190 x 210 mm épaisseur 23 composé d'une plaque en laiton gravée, fixée sur bois appelée « double cadran d'Oughtred ».

Le tout était accompagné d'une notice signées Manuel Maria Valdés d'octobre 1993.



Signature dans le bas à droite



Photo 1 : Vue d'ensemble



▲ Photo 2 : détail partie supérieure



Photo 3 : détail partie centrale ►



Photo 4 : cadran lunaire en bas à gauche

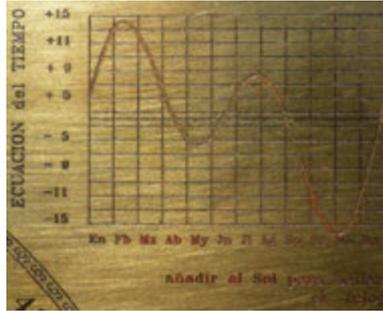


Photo 5 : Equation du Temps en haut à droite



Photo 6 : détail roue en bas à gauche

- L'instrument (photo 1) est constitué :

- d'un astrolabe horizontal avec réglette tournante et gnomon (photo 3),
- dans la zone supérieure un cadran solaire conventionnel (photo 2),
- de la courbe de l'équation du temps (angle supérieur droit-photo 5),
- d'un calendrier lunaire pour déterminer l'âge de la Lune de n'importe quel jour de l'année (angle inférieur gauche-photo 4)
- d'une roue qui permet de déterminer l'heure lunaire en fonction de l'heure solaire ou vice versa (angle inférieur droit-photo 6).

- La notice a été traduite par Dominique Collin.

Après une explication sur "Comment lire l'heure sur un cadran solaire", est présenté "l'astrolabe horizontal". Vient ensuite la description du cadran appelé "Double cadran d'Oughtred". Celui-ci est une projection stéréographique sur le plan de l'horizon depuis un point situé au Nadir. « Pour être un astrolabe complet il manque l'alidade de mesure des angles. Toutefois on l'appellera Astrolabe parce qu'il permet de réaliser la plupart des calculs typiques de cet instrument ». Le fonctionnement de l'instrument est alors décrit :

- | | |
|---|---|
| ◦ l'orientation de l'instrument, | ◦ l'âge de la lune, |
| ◦ l'heure par l'ombre, | ◦ l'heure lunaire, |
| ◦ l'heure par la hauteur du Soleil, | ◦ l'heure à partir de l'ombre de la lune, |
| ◦ l'heure des levers et couchers du soleil, | ◦ les heures de marées. |

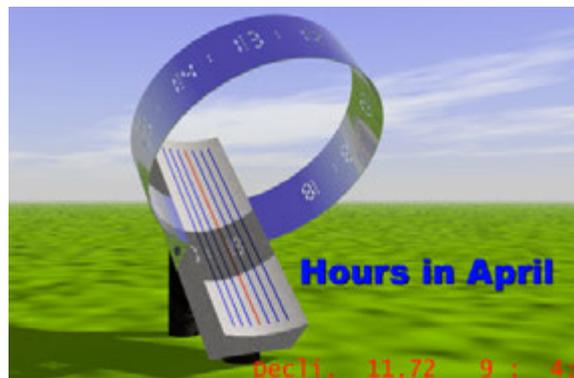
⇒  **Dans la version numérique, en annexe :**

La notice complète de 10 pages : Valdes_Astrolabe Plan (1993).pdf

- Un cadran numérique

En complément à son article « Un cadran numérique » paru dans Cadran Info n° 30, Gérard Baillet a réalisé une animation en 3 D. Celle-ci présente le cadran puis son fonctionnement.

On voit l'affichage des heures de 9h à 13h pour une journée d'avril (déclinaison 11.23°) et pour une journée de décembre (déclinaison -23.43°).



A noter le mouvement des nuages et le très bon rendu sur grand écran TV.

⇒ Dans la version numérique, en annexe : animation en 3 D du fonctionnement du cadran : la vidéo "cham_1.mp4".

- Nouvelles des cadrans de Tunisie

Eric Mercier nous fait partager les dernières informations concernant des cadrans tunisiens.

Une bonne nouvelle

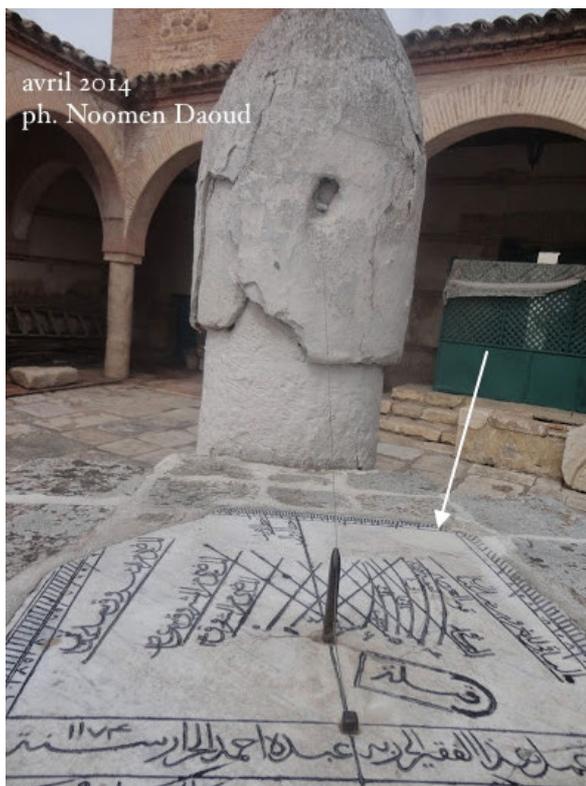
Dans l'article sur les cadrans islamiques de Tunisie (Cadran-Infos n°29, p.53) l'état du cadran du XVIII^e siècle de la Grande Mosquée de Testour était signalé comme exemple des menaces qui pèsent sur les cadrans anciens de Tunisie.

Nous avons appris récemment qu'une action de conservation avait été entreprise. Elle a consisté en un colmatage de la cavité située au coin NE du cadran. Cette cavité, dont la surface avait fortement augmenté entre 2005 et 2013 favorisait l'infiltration d'eau et menaçait la survie de l'instrument.



▲ Avant

Maintenant ►



Une nouvelle inquiétante

Quelle n'a pas été notre surprise quand, en Octobre 2014, nous avons découvert sur le site de petites annonces de vente « *Tayara.tn* » (strict équivalent du « *Leboncoin.com* » et propriété du même groupe international), « une horloge solaire antique en marbre (sic) ».

https://www.tayara.tn/.../Horloge_solaire_antique_en_marbre_955754.htm (lien inactif actuellement)

avec ce texte: « A VENDRE UNE PIECE ANTIQUE QUI DATE DE L ANNEE 1776 MILADI 1190 HIJRI IL S AGIT D UNE HORLOGE SOLILUNAIRE QUI MESURE LE TEMPS ... »

Les 6 photos de l'annonce ne sont que des photos de détails et ne permettent donc pas de ce faire une idée d'ensemble. Mais il est clair que ce cadran est de pur style tunisien, qu'il date du XVIII^e siècle, et qu'il ressemble fortement à un cadran de mosquée. Or, ce genre de « mobilier » est considéré comme un « bien habou » et donc inaliénable.

L'annonce a immédiatement été signalée aux autorités compétentes et elle n'est restée en ligne que quelques jours... une enquête officielle est en cours. Par ailleurs, il ne s'agit pas d'un

cadran déjà connu et inventorié : il est absent des inventaires de Jarray (2011) et Mercier (2014), et il n'était pas connu par l'administration tunisienne du patrimoine (donc à suivre).



Références :

Jarray F. (2011) : «Les cadrans solaires islamique de Tunisie : essai de typologie préliminaire», Safranbolu Saat Kulesi ve Zaman Ölçerler Sempozyumu , Karabük Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Turquie,p. 155-200.

Mercier E. (2014a) : Cadrans islamiques anciens de Tunisie, Cadran-info, 29, p. 53-65

Cadrans solaires en Normandie (information de J. Marin-Pardo)

<<Juan MARIN-PARDO a présenté le 4 octobre 2014, (lors de la réunion de la CCS), la deuxième Horloge Solaire monumentale de sa conception, construite à BEUVILLERS (près de LISIEUX, CALVADOS) et pour laquelle il a assuré la Maîtrise d'Œuvre. L'inauguration est prévue courant juin 2015 par Monsieur MAUDUIT, maire de la commune.



Horloge Solaire à BEUVILLERS

Sa première Horloge, réalisée en 2010 est une Stèle supportant 12 Cadrans Solaires stationnés sous un même style: câble inox diamètre 4 mm et longueur 4,75 m

Une troisième Horloge: Cadran-Calendrier, horizontal, monumental (20 m. carrés), est en cours de construction à COURTONNE la MEURDRAC (près de BEUVILLERS).La terminaison des travaux est prévue vers la fin du 1er semestre de 2015.

Trois autres Horloges sont dans la première phase de concrétisation : leurs maquettes respectives étant déjà terminées ; elles seront utilisées lors de la recherche de deux nouvelles "Communes d'Accueil", qui sera entamée dès le début de 2015, avec une récurrence dans le type d'offre: bénévolat, exclusivité pour la Commune-Hôte, Maîtrise d'Œuvre.

Une brochure intitulée " l'A.B.C....de l'Horloge Solaire de BEUVILLERS" est en cours d'élaboration. Elle est destinée aux néophytes, aux amateurs qui par curiosité s'intéresseront au décryptage de son fonctionnement, à sa portée didactique, à travers l'iconographie et l'épigraphie qui lui sont relatives.

Ci-après suivent des extraits puisés dans "l'A.B.C...." et dans diverses communications effectuées.

Ext. I : Cette Horloge est le "FRUIT d'une FLEUR pollinisée par un ESSAIM d'IDÉES CONCEPTUELLES". En voici quelques-unes :

1) d'un cadran vertical méridional* classique 1.1) "prélever" des portions sur les lignes d'heures vraies* 6/7/8/9 am* et 3/4/5/6 pm*. 1.2) "prélever" les "méridiennes*" des heures vraies et moyennes*: X/XI am , XII, et XIII/XIV pm.

2) "zoomer" ces "prélèvements" (au nombre de 13) et les placer sur des tables* ad hoc.

3) prévoir un système de mise en station de ces tables sur un emplacement à configuration quelconque (plat, incliné, courbe, tortueux, bosselé, discontinu....).

4) réaliser un Objet Gnomonique Patrimonial "grand format", de bonne facture, élégant, de bonne lecture, pour tout Public et à forts caractères didactique et culturel, grâce à une Iconographie et à une Épigraphie choisies et abondantes.

Ext. II : C'est un Cadran Solaire, monumental, du type "déployé" à fort caractère didactique. Il est composé de 13 tables méridionales, c'est-à-dire : dirigées "plein Sud; chacune d'elles possédant un gnomon triangulaire de 100 mm de hauteur indique une heure solaire entière ainsi que la demi-heure précédant et suivant cette heure entière (tables 6/7/8/9 ante meridiem et 3/4/5/6 post meridiem). Cinq tables centrales (X/XI/XII/XIII/XIV) comportent une "méridienne complète", indiquant, grâce à un spot lumineux produit par un œilleton placé à 550 mm du plan de la table, l'heure vraie (sur la droite) et l'heure moyenne (sur la "courbe en huit") durant toute l'année. Ce sont cinq authentiques calendriers "astronomiques", qui, dans leur ensemble indiquent les jours: (1/6/11/16/21/26 de chaque mois), les mois, les saisons (équinoxes et solstices), les lunaisons, les constellations du zodiaque. Toutes les tables ont un panneau A4 indiquant la symbolique du chiffre ou du nombre qui y "donne" l'heure.

Ext III : Cette Horloge Solaire peut être une Ambassadrice de BEUVILLERS ! Elle est chargée de mission, pour dire qu'à BEUVILLERS un Ouvrage Patrimonial, Gnomonique (qui concerne le marquage du Temps) a été créé.

Elle est représentante de la Normandie avec cinq gnomons ayant la silhouette des pylônes du pont de Normandie et un rameau de pommier, "habillé" différemment pour chacune des quatre saisons : Printemps: avec des feuilles et une fleur; Été : avec des feuilles et un fruit ; Automne: avec moins de feuilles et sans le fruit; Hiver : sans les feuilles.

Elle est accueillante avec ces trois devises: FUI SUM ERO/SINE SOLE NIHIL/ULTREIA SUSEIA traduites dans les cinq principales langues Européennes: Allemande/Anglaise/Espagnole/Française/Italienne. Elle est une "Pierre nouvelle" pour l'Édifice de ce "petit Patrimoine régional des Cadran Solaires".

Elle a une vocation Pédagogique, Didactique et Culturelle très marquée grâce à son Épigraphie et à son Iconographie choisies et abondantes, permettant de faire comprendre, sans pré-requis mathématique, son mode de fonctionnement, essentiellement dû aux mouvements de rotation et de révolution de la Terre (autour de l'axe des pôles, et autour du Soleil).

Elle nous "donne" son Temps avec ses cinq calendriers (à l'instar des bénévoles qui lui ont donné le leur)

Elle est l'un des Symboles de l'Écologie : Elle fonctionne à l'Énergie renouvelable, elle parle muettement (à l'instar de la Nature), Elle marche sans besoin d'Horloger, Elle habite à la Campagne, Elle est "armée" pour avoir une bonne résistance aux outrages du temps qu'il fait. Ne trouvez-vous pas que cette réalisation Patrimoniale possède les principales qualités pour mériter la Nomination d'Ambassadrice?

Si oui ! Soyons nombreux à vouloir et à faire en sorte qu'Elle le soit réellement. Comment ? : En parlant d'Elle par voies: orale, écrite, médiatique et en précisant qu'Elle appartient à toute Personne qui la regarde>>>.



Détails Horloge Solaire à BEUVILLERS



° Littérature gnomonique

"*La mesure du temps dans l'Antiquité*"

Le 13 mars 2015, Jérôme Bonnin a publié aux Belles Lettres, "*La mesure du temps dans l'Antiquité*". Le livre de 448 pages est au prix de 35€. Il peut être commandé directement chez l'éditeur (<http://www.lesbelleslettres.com>), sur internet via Amazone ou autres et chez votre libraire

« L'Antiquité est rarement regardée comme une période d'utilisation massive des instruments de mesure du temps. Ces derniers sont même souvent considérés comme sommaires, peu inventifs voire inexistantes. Cet ouvrage fait, pour la première fois, la synthèse des données sur le sujet et remet en cause les idées reçues.

Les instruments de mesure du temps faisaient partie intégrante des habitudes antiques : l'heure régissait de nombreux aspects de la vie quotidienne, tant privée que publique. L'épigraphie comme l'archéologie attestent de ce besoin particulier. Toute cité se devait de posséder plusieurs instruments publics, rudimentaires ou complexes et monumentaux. Tout propriétaire un tant soit peu fortuné devait disposer d'un cadran solaire dans son jardin. Ces instruments, plus que les horloges hydrauliques, constituaient la base de « l'horlogerie » antique. Avec de nombreuses typologies, le cadran solaire pouvait présenter des informations complexes.

Outil astronomique, pédagogique à l'origine, il est rapidement devenu un simple outil d'usage quotidien, perdant peu à peu ses spécificités scientifiques. En contrepartie, le cadran solaire s'est cependant chargé d'une dimension symbolique forte et encore ancrée dans nos mentalités modernes.

Ce que nous devons à l'Antiquité en matière de mesure du temps dépasse peut-être les simples questions technologiques habituelles.

Jérôme Bonnin est docteur en archéologie romaine de l'Université de Lille 3. Il a soutenu sa thèse « *Horologia Romana, recherches archéologiques sur les instruments de mesure du temps à l'époque romaine. Étude typologique, urbanistique et sociale* » en 2012 et poursuit ses recherches sur le thème de la mesure du temps et de ses implications sociales dans l'Antiquité. Il est l'auteur de nombreux articles sur le sujet ».





° Courriers gnomoniques

La reproduction des questions/réponses avec notre commission peuvent aider nos lecteurs dans leurs propres démarches. D'où l'intérêt espéré de cette rubrique.

- des corrections à appliquer sur le nocturlabe ? R.J. Vinck

« Suite à votre article dans Cadran Info N° 30 sur le nocturlabe, j'ai constaté que, dans l'article traitant du même sujet page 84-89 de Cadran Info N° 21, ainsi que dans le nouveau livre *Traité du nocturlabe*, des corrections sont nécessaires pour la longitude.

Pourtant l'instrument est universel, indépendant de la latitude Nord et de la longitude géographique et indique donc toujours le temps solaire local sans corrections ou changement :

Soit : P^* l'angle horaire de l'astre observe' et α^* son ascension droite
 P l'angle horaire du Soleil et α son ascension droite
 S le temps sidéral local

On peut écrire pour l'astre : $P^* = S - \alpha^*$
 Et pour le Soleil : $P = S - \alpha$
 En éliminant S on obtient L'angle horaire P du Soleil :
 $P = P^* + (\alpha^* - \alpha)$

Qui est la formule fondamentale du nocturlabe.

Nous mettons que l'ascension droite du Soleil reste constant toute la journée et par conséquence la formule et l'instrument sont praticable à n'importe quelle longitude sans correction.

La seule erreur est que la différence d'ascension droite du Soleil est de $(0,986^\circ/24)$ par 15° de longitude par rapport au méridien de Greenwich pour le même temps sidéral local, donc avec un maximum de $0,493^\circ$ pour une longitude de 180° , qui est négligeable pour un instrument comme le nocturlabe qui n'est pas un instrument de précision.

Si au contraire, comme dans l'article Cadran Info N° 21 page 86, on change la date sur le diamètre méridien de 6 jours (du 9 mars pour Greenwich au 3 mars pour $\lambda = -0$ h 22m 24 s, c.à.d. la longitude de 5.7° Est de Céreste) on fait une erreur de 6 jours (6°) et par conséquent +/- 24 minutes de temps.

Aussi, page 86 ligne 10 doit se lire /passe à **0 h LMT** (Local Mean Time au méridien supérieur...../ au lieu de /passe à **0 h UT**/ qui est GMT, Greenwich Mean Time.

(Correct me if I am wrong)

Cordialement, René J. Vinck rj.vinck@skynet.be

Réponse de D. Savoie :

« Merci pour vos remarques.

Je suis d'accord avec vous sur le fait que le nocturlabe mesure le temps solaire moyen local comme je l'ai écrit dans l'article de CadranInfo n° 21 en 2010. C'est en quelque sorte un cadran équatorial qui mesure l'angle horaire d'une étoile. Cet angle horaire est bien entendu local. Or l'utilisateur contemporain souhaite convertir ce temps moyen local en temps légal, sa finalité étant généralement d'obtenir l'heure de la montre de nuit. Autrement dit, il faut corriger ce temps moyen local de la longitude du lieu et des avances de l'heure légale. Laissons de côté ces dernières.

Si je reprends l'exemple donné dans l'article de Cadran Info n° 21 où l'on détermine l'heure locale sur le méridien de Greenwich le 23 avril 2008, on mesure un angle horaire de 70° , que l'appareil "convertit" en temps universel (qui coïncide ici avec le temps moyen local puisque la longitude du lieu est nulle), soit 1 h 38 m 23 s UT (en imaginant qu'une telle précision soit possible, ce qui évidemment n'est pas réaliste).

Si maintenant le même jour je suis à - 22 m 24 s de longitude, je mesure avec mon nocturlabe au même instant (1 h 38 m 23 s UT) un angle horaire de $75^\circ 36'$. L'écart correspond bien à la longitude du lieu.

Ce qui veut dire qu'on a deux solutions : ou bien on cale la couronne sur la date de passage au méridien supérieur de l'étoile repère pour le méridien origine (Greenwich) à 0 h UT et donc l'utilisation du nocturlabe en un autre lieu nécessitera une correction en longitude de l'heure lue si l'on souhaite obtenir le temps universel (et légal par la suite). La correction peut être non négligeable : à Ajaccio la correction vaut - 35 min.

Ou bien on intègre directement la correction en longitude dans le calage de la couronne en cherchant la date de passage de l'étoile repère à 0 h UT au lieu considéré; ce que j'ai fait pour Céreste dans l'exemple donné dans Cadran Info n° 21. Et dans ce cas, le nocturlabe est utilisable pour cette seule longitude et indique directement le TU. Et donc ce n'est pas 0 h temps moyen local mais bien 0 h UT qui s'applique ici (p. 86, ligne 10) comme je l'ai écrit.

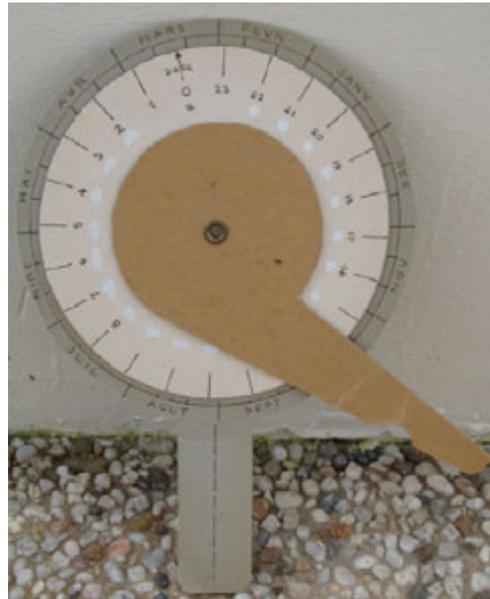
Mais suite à votre remarque, on pourrait tout à fait caler le nocturlabe sur le temps moyen local : il suffit de chercher à quelle date l'étoile repère passe au méridien supérieur à 0h temps moyen local. Pour un lieu de longitude - 22 m 24 s, lorsqu'il est 0 h temps moyen local, il est 23 h 37 m 36 s UT. Ce qui correspond à un temps sidéral local de 11 h 6 m 16 s; ce qui nous met sur la date du 8 mars. Ce problème du calage de la couronne est rarement examiné dans les articles et ouvrages concernant l'usage de cet instrument.

J'attire également votre attention sur le fait que la graduation du nocturlabe comporte en principe 365 dates. Le 29 février des années bissextiles n'étant pas représenté, on est amené à se servir deux fois de suite du 1er mars, une fois tous les 4 ans. Le temps sidéral instrumental revient donc à la même valeur pour une même date, donc après 365 jours. Alors que le temps sidéral réel n'a pas encore repris sa valeur initiale : il s'en faut de 57,29 secondes. Retard de 114,58 secondes pour 2 fois 365 jours, 171,87 secondes pour 3 fois 365 jours; après 4 fois 365 jours, retard de 229,17 secondes ; mais le lendemain 29 février, avance diurne de 236,56 de temps sidéral, de sorte que le temps sidéral du nocturlabe prend une avance de 7,39 secondes par période quadriennale de 1461 jours. Ce qui, au bout d'un siècle julien (36525 jours) représente 3 minutes environ.

En d'autres termes, il faudrait en toute rigueur tenir compte de la dérive sidérale du nocturlabe, en plus de l'excentricité de l'étoile polaire.

Comme vous le dites, tout ceci fait que le nocturlabe ne peut rivaliser en précision avec un cadran solaire.

Bien cordialement »



Conclusion de R.J. Vinck

Merci beaucoup pour votre réponse. Je vous suis parfaitement. Mais je reste sur ma position qu'un nocturlabe calé pour des dates trouvées dans les éphémérides pour 0 UT va indiquer le temps local du soleil moyen à n'importe quelle lieu avec une erreur négligeable.

La maximum d'erreur est de 0,493 degré pour une longitude de 180 degrés:

Dans l'hémisphère nord, le grand cercle horaire de l'étoile repère reste très prêt, toute la journée, du grand cercle horaire du soleil moyen à la date trouvée dans les éphémérides. Pour Dubhe c'est le 9 mars avec une différence d'environ 180 degrés et le 7 septembre avec une différence d'environ 0 degré en angle horaire.

Pour les nocturlabes antiques c'est évidemment une autre histoire. Ils indiquaient le temps du Soleil vrai, utilisaient la date du point vernal pour les ascensions droites convenant du soleil et le calendrier Julien.

Par conséquent ils ne sont plus correctes aujourd'hui (précession, etc.) mais un instrument très intéressant et recherché pour les collectionneurs.

Bien cordialement,

- L'ombre d'un bâton :

Question posée :

« J'étais sur une plage cet été avec mes enfants; on avait planté un bâton verticalement pour voir son ombre au Soleil. Mais en l'inclinant, j'ai constaté que son ombre augmentait, se stabilisait puis diminuait. D'où ma question : quelle inclinaison du bâton donne la plus grande ombre possible ? Merci d'avance pour votre réponse ».

Réponse :

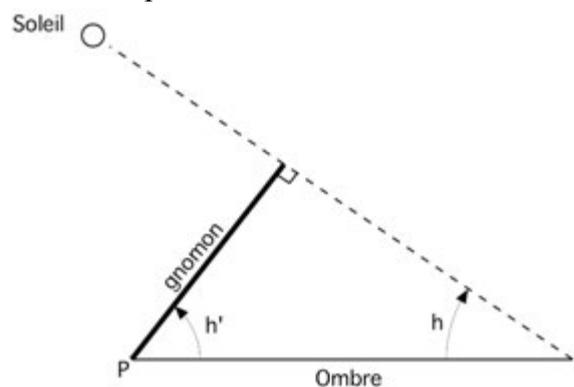
« Effectivement pour une hauteur donnée du Soleil, si vous faites varier l'inclinaison du gnomon (bâton) dans le plan du Soleil, l'ombre va augmenter pour atteindre un maximum lorsque le sommet du gnomon est perpendiculaire aux rayons solaires. Ou, ce qui revient au même, lorsque l'inclinaison du gnomon est égale au complément de la hauteur du Soleil.

Si on appelle h la hauteur du Soleil, h' l'inclinaison du gnomon, et a sa longueur, la longueur PI de l'ombre pour h' quelconque s'obtient par :

$$PI = a (\sin h' \cot h + \cos h')$$

Si $h' = 90^\circ - h$, alors PI est maximal.

Exemple : $h = 58^\circ$, $a = 100$ cm; d'où $h'_{\max} = 32^\circ$ et $PI = 118,92$ cm ».



- Nord géographique et Nord magnétique sur Google earth :

Sur Google earth les images sont orientées suivant le Nord géographique. Est-il possible de connaître en un point donné la direction du Nord magnétique ?

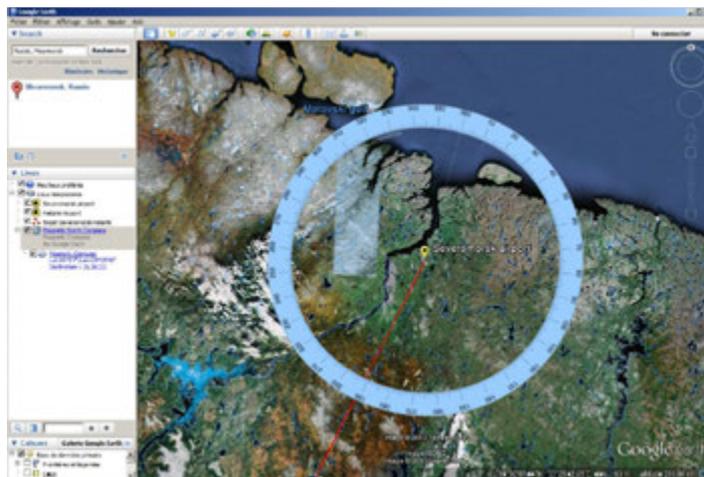
La réponse est oui. Il existe un programme « Le Magnetic North Compass For Google Earth » qui permet le calcul de la déclinaison magnétique en tout point de la Terre et affiche un compas magnétique sur la carte (photo page suivante).

L'altitude par défaut du compas est de 200 km. Il est possible de se rapprocher de sa cible. Plus l'altitude de repérage est faible, plus les coordonnées sont calculées avec précision.

En effectuant une recherche avec les termes *Magnetic Compass for Google Earth* sur internet, vous trouverez de nombreuses explications.

Le programme permettant d'afficher le compas est indépendant de Google Earth.

Les valeurs de la déclinaison sont calculés par le National Geophysic Data Center.



⇒ Dans la version numérique, en annexe : notice en français sur l'installation et l'exploitation du programme de la boussole magnétique pour l'explorateur de photos satellite Google Earth . Fichier : "Nord magnétique sur Google earth.pdf".

- Cadran de l'abbé Manet

Suite à la diffusion du livret décrivant le cadran équatorial de l'abbé Manet (réf : info-mail N° 147_2014 du 23 décembre de l'année passé, notre collègue Jean Rieu a contacté le musée de Saint-malo.

« Je sais qu'il y a eu avant la guerre un cadran solaire en ardoise de l'abbé Manet dans le musée qui a été bombardé en 1944. Pourriez-vous me dire ce qu'est devenu ce cadran solaire pour lequel j'ai une description faite par J.Hourrière en 1982 ».



Monsieur Philippe Petout, conservateur du Musée d'histoire, a fait la réponse suivante.

« Suite à votre message vous trouverez ci-joint une reproduction du moulage qui a pu être fait de ce cadran qui a été brisé en deux morceaux en 1944, non localisés à ce jour ».



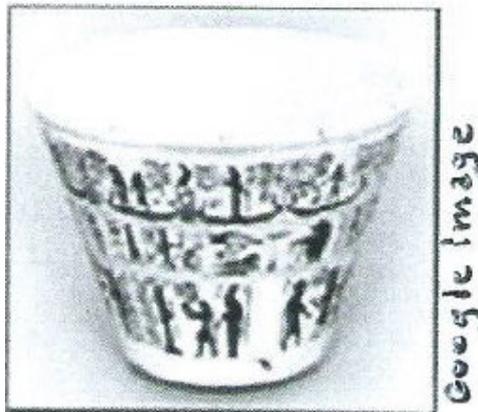
- L'heure dans l'antiquité

Suite à l'info-mail n° 25 du 23 février dernier mettant à disposition l'article *L'heure dans l'antiquité*, par Henri Michel (1970), monsieur Jean Scordia nous écrit.

« J'ai lu avec beaucoup de plaisir cet extrait d'une revue des archives de M. Sagot car il traitait, avant que je ne le fasse récemment, de quelques antiques instruments égyptiens de mesure du temps et de l'heure ou de la durée. L'extrait allant du dernier paragraphe de la page

458 (page 6 dans le format PDF de votre courriel) au dernier paragraphe de la page 460 (PDF : page 8) complète ce que j'ai écrit dans le dernier article que je vous ai expédié (« La clepsydre de Karnak »). Le mien en serait sa mise à jour.

A la vue des trois figures de l'étude de H. Michel, figure 1- cette « horloge à ombre » serait la fusion de deux instruments (la « règle de Touthmosis III » pour la date et « l'horloge de Sais » pour la forme) ; f. 2- l' « obélisque de Louxor avant son enlèvement » est en fait celui qui est resté sur place (à gauche de l'entrée), qui est le jumeau de celui de la Concorde : son pyramidion est intact tandis que celui de Paris est ébréché (de plus, le bas est fissuré et a perdu de la matière) mais l'obélisque parisien a des inscriptions en meilleur état ; et f.3- le « vase du Caire » est dénommé aujourd'hui la « clepsydre de



Karnak ». Depuis la publication de cet article, 45 années se sont « écoulées » (pour employer l'image de l'horloge à eau) ; de nouvelles fouilles et des études plus approfondies ont eu lieu, apportant des compléments intéressants à l'extrait de H. Michel.

Par contentement intellectuel, je voudrais discuter (du latin « discutere » : abattre, éclaircir) et compléter certains détails donnés par M. Michel sur la clepsydre appelée « du Musée du Caire ». Il me semble que l'auteur mésestime un peu l'objet en employant, pour en décrire la forme, l'expression « une espèce de pot de fleur » ; puis, il ajoute quelques critiques justifiées exprimées par Borchardt vers 1920 : des « échelles inexactes », des « graduations fausses ». Il apparaît que la simplicité de ce garde-temps ne suscite pas vraiment l'enthousiasme de l'esprit ou du cœur ! Le dessin reproduisant le récipient est nu, sans aucun décor : or, il s'agit d'un vase précieux, creusé dans un morceau d'albâtre, couvert de centaines de signes hiéroglyphiques et de figures dont la finesse de la gravure mérite admiration. L'aspect fonctionnel a été privilégié sur l'esthétique et l'intérêt épigraphique, étant donné la philosophie de la revue scientifique. A la suite de l'opinion du spécialiste Borchardt, H. Michel apporte plusieurs autres critiques. Au début d'un paragraphe, sont indiquées les mesures de la clepsydre : elles ne sont pas exactes car elles ne correspondent pas aux proportions du vase dessiné, dont la hauteur est inférieure à l'ouverture. Aujourd'hui, la fiche du Musée du Caire donne comme diamètre de l'ouverture 485 mm et comme hauteur 34,5 cm ; rien n'est indiqué pour la base : elle serait d'environ 200 mm.

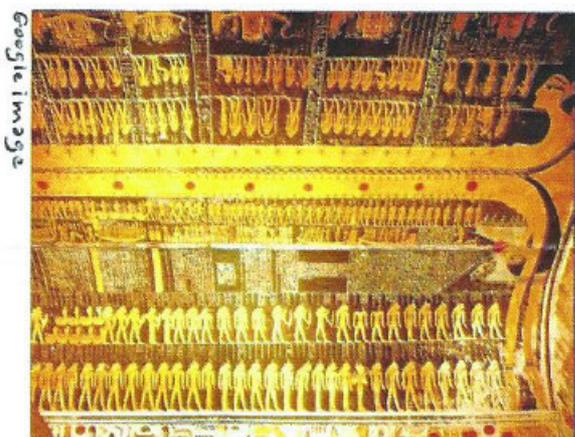
Aujourd'hui, cette clepsydre égyptienne, la plus vieille du monde, n'est plus unique. En 2007, dans les inventaires, on trouve la trace ou les fragments de quelque 25 horloges à eau [G. Lodomez : « Fragments de clepsydres de la dynastie des Argéades (332-304 avant J.-C. » -2007], Citons l'inscription dans la tombe thébaine du dignitaire royal Amenemhat, antérieure d'un siècle à celle gravée sur la clepsydre de Karnak, au nom du pharaon Amenhotep III ; la représentation d'une clepsydre dans la tombe de Ramsès VI, la clepsydre d'Oxyrhynque ; celle découverte par Maspero à Edfou (de forme cylindrique), celle de Tanis, etc. La plupart des fragments sont d'époque tardive, celle des Lagides/Ptolémée (d'origine grecque).

La critique b - « Les subdivisions de la nuit astronomique n'intéressaient personnes » : il semble que ce ne soit pas tout à fait juste. Aux échelles internes des heures, il faut ajouter les décades gravées sur la partie externe : ce sont les décades d'une horloge stellaire (une trentaine d'étoiles dont le lever ou le coucher marquaient le début ou la fin d'une heure). Elles ont été le résultat de siècles d'observation nocturne, des levers et couchers des étoiles brillantes ; pour les prêtres astronomes, ces observations n'étaient vraisemblablement pas

gratuites, elles devaient avoir un but religieux (heures de cérémonies nocturnes - par exemple les embaumements -, de prières ; dates d'alignement de certaines étoiles pour l'orientation des monuments).

Critique d - « Comment lire les graduations pendant la nuit ? ». L'interrogation est plus ambiguë que béotienne. Il y a 11 graduations par échelle : il est à supposer que la lere en haut correspond à la fin de la lere heure, avec le récipient plein à ras bord. Toutes les heures sont « irrégulières ». S'agit-il de corroborer avec les levers/couchers de 12 ou 14 étoiles selon les saisons ? On pense que le lever/coucher d'une étoile marquait la fin d'une heure.

Critiques e et f- « Pourquoi des échelles mensuelles dans un pays où la différence entre la journée d'hiver et d'été est d'environ 4 % ? » ; « 6 échelles auraient suffi ». Peut-être pour éviter de l'ambiguïté et, par conséquent, des confusions ; aussi sans doute parce que les 36 décans contiennent des étoiles différentes selon les 12 mois de l'année ; il n'y a pas de symétrie entre les deux semestres. Les hiéroglyphes sont une écriture sacrée, réservée à des initiés ; on y trouve souvent, tout à la fois, des exemples de simplification rationnelle et de « complexification » (pour user d'un néologisme) ou de « sophistication » (pour employer un anglicisme à la mode) ésotérique !



Ciel de la tombe de Ramsès VI

Si on ne trouve pas de clepsydre dans les tombes, ce n'est pas parce que « ce vase est unique ... et que la tentative fut un échec », mais plutôt parce que c'est un objet sacré, destiné à un temple, au culte des dieux, à des rituels. Bien qu'il ait été offert à la personne du Roi, fils divin du Soleil Rê, il n'a pas été enseveli avec lui comme bien personnel mais dissimulé dans une cachette du temple du grand dieu Amon. La représentation dans la tombe de Ramsès VI (vers 1143-1136 avant J.-C.) ferait exception : j'ignore l'emplacement du dessin sur les parois mais il devrait y avoir un lien avec le magnifique « plafond astrono-

mique » de cette tombe. Plus tard, la clepsydre aura un rôle vulgaire comme le contrôle des durées d'irrigation des terres, des discours cérémoniels, des plaidoiries dans les tribunaux.

Merci pour la diffusion de l'article de M. Michel. Je crois que la publication de l'extrait dont je parle plus haut intéresserait les lecteurs de « Cadran Info » par la juxtaposition des deux petites études qui montrent l'évolution des connaissances sur un objet qui semble aussi banal qu'un pot de fleur ! Tout cela me fait également penser au gnomon du cadran solaire égyptien de Turin, découvert par Champollion, dont l'interprétation était fautive, et qui fut exposé l'été dernier au Musée dauphinois à Grenoble : en 1825, c'était sans doute le premier objet de ce type découvert en Egypte.



Cadran de Thèbes étudié par Champollion

- Quelle est la signification d'un point de vue gnomonique, que l'équinoxe de printemps tombe à 22 h 45 m UT le 20 mars 2015 ?

Réponse de D. Savoie : le fait que l'équinoxe tombe à 22 h 45 m UT signifie que c'est l'instant où la longitude apparente du Soleil vaut 0°. La déclinaison du Soleil vaut également 0° (bien qu'en toute rigueur elle ne soit pas égale à 0° 0' 0"). Autrement dit, c'est donc l'instant

où le Soleil franchit l'équateur céleste du Sud vers le Nord. Pour un gnomoniste, cela signifie qu'il existe un lieu sur Terre où à cet instant il est midi solaire avec un Soleil au zénith. Ce lieu est nécessairement situé sur l'équateur terrestre mais qu'elle est sa longitude ? Cela revient à résoudre un simple problème de conversion : on sait que l'on passe du temps solaire TS au Temps Universel TU par la relation : $TU = TS + E + l$ où E est l'équation du temps et l la longitude du lieu. Ce qui revient à chercher l, soit $l = TU - TS - E$. Le 20 mars 2015 à 22 h 45 m UT, $E = + 7 \text{ m } 25 \text{ s}$;



comme $TS = 12\text{h}$, on aboutit à $l = 10 \text{ h } 37 \text{ m } 35 \text{ s}$ de longitude Ouest, soit $159^\circ 23' 45'' \text{ O}$. Ce qui nous place en plein milieu du Pacifique.

- Pouvez vous m'éclairer sur un cadran d'Equateur ? Pierre Labat

« Je me suis rendu en Equateur au mois de novembre dernier et j'ai eu le plaisir de découvrir un cadran solaire un peu particulier dans la cour de l'université de QUITO. Le cadran n'est pas dans son lieu d'origine, mais cela n'a aucune importance.

Question: à quelle lecture servent les inscriptions sur les tranches du cadran et par quel moyen? ces tracés sont nets sur l'après-midi ».

Réponse de D. Savoie : Merci pour ces superbes photos de ce rare type de cadran.

Comme vous le savez, les faces Est et Ouest d'un cadran vertical à l'équateur présentent une particularité : elles sont éclairées toute l'année 6 h par jour. Ce sont des cadrans à fonctionnement constant.

Donc je propose comme solution (voyez l'image en PJ) que pour la face Ouest par exemple, on a fixé en haut du cadran, ou une plaque ou un portique. Vous noterez que l'on voit très nettement sur vos photos deux dépressions qui laissent à penser que quelque chose était scellé horizontalement. Cette plaque ou ce portique engendre donc une ombre (sur la face Ouest) montante qui coupe successivement les lignes horaires parallèles ;



on semble voir des lignes toutes les 15 minutes. A midi, le Soleil éclaire la face Ouest de façon rasante mais l'ombre de la plaque est rejetée à l'infini. Dès 12 h30 m temps solaire, le cadran fonctionne et les deux points dans la pierre que l'on voit au-dessus de 1766 en témoignent. J'imagine que ces points sont des repères (1 point = 15 min), un peu comme si un aveugle pouvait lire l'heure en cherchant la zone de transition ombre-partie éclairée et en s'aidant des points.

Le cadran cesse d'être éclairé à 18 h (ce qui correspond en fait au pied du style). On comprend assez bien pourquoi le constructeur (très habile !) n'a pas poursuivi son système de poinçons au-delà de 17 h : entre 17 h et 18 h, avec un style de 10 cm par exemple, l'ombre parcourt 2,7 cm et entre 17 h 30 m et 17 h 45 m il y a seulement 6 mm !

Voilà ce que je propose en première analyse.



◦ Gnomonique du monde

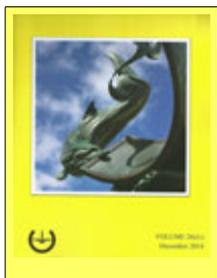
– **Sommaires des dernières revues ou bulletins :**



VOLUME 26 (iii) – septembre 2014 (sur papier) de la **BRITISH SUNDIAL SOCIETY**

1 Editorial ; 2 An Oxford Sundial Mystery - *Frank H. King* ; 9 New Dials (1) ; 10 A Craftsman's Hand Helped Skirlaugh Sundial to Live On - *Margaret Ribchester* ; 11 Three Danish Sundials - *David Hawker* ; 13 Dialling Tales: The Day That I Said "No" - *Christopher Daniel* ; 14 Sundials in the Desert Lands of Central Australia - *Marg Folkard & John Ward* 17 Promoting the Society - *Doug Bateman & Jackie Jones* ; 17 Postcard Potpourri 31. Marsden Park, Nelson - *Peter Ransom* ; 18 A Seventeenth-

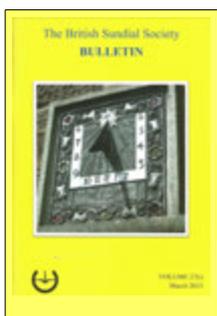
century Halachic Horizontal Sundial by Robert Jole - *Maciej Lose* ; 23 Holiday Pictures ; 24 The Eaton Hall Sundial Pillar. A moving story of deviant orientation - *J. Mike Shaw* ; 28 New Dials (2) ; 29 Book Review – *Lester* ; 30 A Calendar Dial for Installation on the Moon - *Allan Mills* ; 33 A Vari-purpose Vertical Sundial - *John Moir* ; 34 BSS 25th Anniversary Conference, Greenwich, 25-27 April, 2014 - *Jim Holland* ; 39 Manchester Railway Dial – *JD* ; 40 Unexpected Aspects of Anniversaries, or: Early sundials, widely travelled - *Helmut Sonderegger* ; 45 BSS 25th Anniversary Photographic Competition, 2013-14 - *Ian Butson* ; 48 New Dials (3)



VOLUME 26 (iv) – décembre 2014 (sur papier) de la **BRITISH SUNDIAL SOCIETY**

1 Editorial ; 2 An Exceptional Sundial - Denis Savoie and Anthony Turner ; 5 The Slate Dials of Brittany - Mike Cowham ; 8 Sundials on the Tropic of Capricorn - Anthony Capon ; 11 Readers' Letters - Wood, Bateman ; 12 In the Footsteps of Thomas Ross. Part 9: The Mercat Crosses of Scotland and their Sundials - Dennis Cowan ; 19 The Future of Dialling - Tony Moss ; 20 From Old to New - A Restoration Project—The

Nazeing Church Sundial - Ian Butson ; 24 The Littlecote Dial - J. Mike Shaw ; 27 Newbury One-Day Meeting, 27 September 2014 - Kevin Karney and Irene Brightmer.



VOLUME 27 (i) – mars 2015(sur papier) de la **BRITISH SUNDIAL SOCIETY**

1 Editorial ; 2 A Medieval Sundial from Lindos on the Island of Rhodes - Karlheinz Schaldach ; 5 New Dial - The Neuadd Dial 2014 - Mark Lennox-Boyd ; 6 A Mystery Sundial by Girard et Barrère of Paris - Martin Jenkins ; 10 Sundials in Madeira - Maureen Harmer ; 13 Michael Maltin: Spitfire Pilot and a Gentleman - Obituary - Doug Bateman ; 14 Dial Dealings 2014 - Mike Cowham ; 17 New Book – Savoie ; 18 The Moving Sundial of Ardrossan - Christine Northeast ; 25 A Theatrical Dial -Jackie

Jones ; 26 BSS Accounts for the Period 1 January to 8 August 2014 ; 28 Conarachne et Pelecinum: About Some Graeco-Roman Sundial Types - Jérôme Bonnin ; 32 Puzzle Corner ; 33 In the Footsteps of Thomas Ross - Part 10 : A Mixed Bag of Sundials in Edinburgh - Dennis Cowan ; 38 Some New Sundials in St Petersburg - Valery Dmitriev ; 41 Some Old Sundials in South Africa - Henk van der Ham and Malcolm Barnfield ; 45 Semper Novus, Semper Idem - Two Slotted-Gnomon 'Conservatory' or 'Parlour' Pottery Dials - Malcolm Bishop ; 51 Canvey Island Dial - Patrick Arnold ; 52 Dumfries House Armillary Sphere - Brad Dillon



La BUSCA de PAPER N° 78 été 2014 (sur papier et CD) de la **Societat Catalana de Gnomonica SCG**

Editorial 3 ; Col·laboracions: una guia 3 ; Una cronologia de la Cronometria (i XVII). per E. Farré 4 ; Racó literari: El quadern gris, de J. Pla 7 ; Ferran Serra i Sala, esgrafiador, per E. Farré 8 ; El rellotge de sol se'n va a la guerra (i II), per M. Barnfield 14 ; Fe d'errata 21 ; Exposició a la UAB 21 ; Restauració del quadrant solar de Santa Maria la Major d'Inca, per R. Soler 22 ; Alguns antics rellotges de sol de

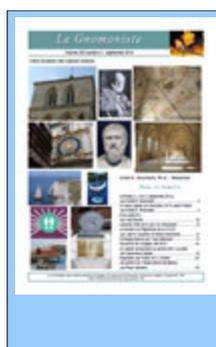
Sud-àfrica, per H. van der Ham i M. Barnfield 24 ; Correus de socis i amics 28 ; Ara és l'hora per a la reforma horària, per F. Mohedano 29 ; Publicacions rebudes 30 ; Rellotges de sol del Pirineu 31.



La BUSCA de PAPER N° 79 hiver 2014 (sur papier et CD) de la **Societat Catalana de Gnomonica SCG**

Editorial 3 ; Nadala 3 ; Les hores babilòniques mallorquines i el rellotge balearic, per M.A. García Arrando 4 ; Publicacions rebudes 11 ; Memento mori, per E. Farré 12 ; El rellotge de l'església de Sant Salvador, Vimbodí, per P.J. Novella 16 ; Quadrant Polar Universal, per R. Soler i Gayà 18 ; El rival de Greenwich, un gran rellotge a La Meca, per E. Farré 20 ; El calendari del 2015 i la conversió horària en els rellotges de sol, per I. Vilà 23 ; Nous rellotges dels nostres socis 24 ; Per a navegants. Recursos a la xarxa

25 ; Els rellotges de sol a l'escola, per M. Traver 26 ; Correus de socis i amics 27 ; Col·laboracions: una guia 27 ; Taller de bricolatge (1), Rellotges polièdrics, II 28 ; Francesc Clarà i Fradera 30 ; Col·lecció Francesc Clarà i Fradera 31 .



LE GNOMONISTE volume XXI-3 Septembre 2014 de la COMMISSION DES CADRANS SOLAIRES DU QUEBEC à télécharger sur le site : ([HTTP://CADRANS SOLAIRES.SCG.ULAAVAL.CA/](http://CADRANS_SOLAIRES.SCG.ULAAVAL.CA/))

Liminaire (L: XXI-3, septembre 2014) A.E. Bouchard 2 ; Un beau cadran de Grenoble (1673) selon Platon A.E. Bouchard 4 ; DOCUMENTS par Jean Bonfa 10 ; Lectures d'été 2014 A.E. Bouchard 12 ; La révision du Répertoire de la CCSQ J. Gauthier et M. Marchand 14 ; Correspondance Y. Melançon 15 ; Souvenirs de voyages, été 2014 16 ; Un cadran temporaire au centre-ville –La suite Geneviève Massé 18 ; Inspiration par Platon et A. Kircher 20 ; Les jardins de l'Observatoire de Beijing par R. Santerre 23 .



LE GNOMONISTE volume XXI-4 Décembre 2014 de la COMMISSION DES CADRANS SOLAIRES DU QUEBEC à télécharger sur le site : ([HTTP://CADRANS SOLAIRES.SCG.ULAAVAL.CA/](http://CADRANS_SOLAIRES.SCG.ULAAVAL.CA/))

Liminaire (L: XXI,4) A ;E. Bouchard 2 ; Un beau cadran armillaire d'Andover (1928) A.E. Bouchard 4 ; Les symboles d'un beau cadran américain Paul et John Manship 12 ; La vie de la Commission par G. Grenen 16 ; Quatre présentations à la rencontre annuelle S. Dion, G. Massé, JP Urbain et J. Gauthier ; 18 ; Écrits en gnomonique 22 ;

Exposition de cadrans solaires au Planétarium par Sara Arsenault 24 ; Suggestions de lecture 26 .



LE GNOMONISTE volume XXI-4 Décembre 2014 de la COMMISSION DES CADRANS SOLAIRES DU QUEBEC à télécharger sur le site : ([HTTP://CADRANS SOLAIRES.SCG.ULAAVAL.CA/](http://CADRANS_SOLAIRES.SCG.ULAAVAL.CA/))

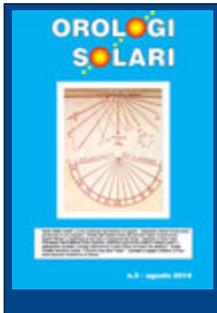
Liminaire (L: XXII-1, mars 2015) A.E. Bouchard 2 ; Un beau cadran solaire de J. de Succa (1601) selon l'idée du Beau d'Emmanuel Kant (1790) A. E. Bouchard 4 ; Le mot du président de la CCSQ par J. Gauthier 10 ; Correspondance 12 ; Les femmes dans l'univers des cadrans solaires A. E. Bouchard 16 ; Des écrits en gnomonique 20 ; Les cadrans solaires de l'abbé Guyoux, livre de Jean Rieu 22 ; Documents: pour Josiane Delanoé 24.



GSA - RÉUNION 2014 SÜDSTEIERMARK sur CD :

Alternative.pdf; Exkursion2014.pdf ; Exkursionsplan2014_DIN A4.pdf ; Gamlitz Rundgang.pdf ; Gruppe im RS48.pdf ; Gruppenfotos.pdf ; Nachprogramm Heimschuh.pdf ; Suaufder Tagung.pdf ; 01_Descovich_Schüttkasten-Schattenstab... ; 02-Folk_Uffenbach.pdf ; 03_Hartig_Reisesonnenuhr.pdf ; Kunath_Moore 2014-09-12-4.pdf ; Niel_Kepleruhr.pdf ; 06_Sonderegger Kopernikus & SU.pdf ; 07-Stocker_Pesariis.pdf ; 08_Prattes Update_CD15.pdf ; 09_Fabian Museum im

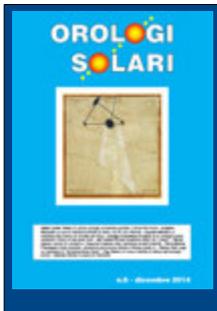
Palais.pdf ; Kurzberichte.pdf ; Referate Bildbericht.pdf ; Alemm NASS.pdf ; Analematische Sonnenuhren.pdf ; ASA_USA Glossary.pdf ; Bulletin -26iii-Kratzer Sonderegger.pdf ; EoT20156iSoDek.pdf ; Folk Compendium.pdf ; GrazFanzis.pdf ; Vodolazhskaya Egypt_sundials.pdf ; Vodolazhskaya Ukraine_sundial.pdf ; Weiteres.docx ; Weiteres.pdf ; ZeitglDekl_2015.pdf.



OROLOGI SOLARI N° 5 AOÛT 2014 CGI - Coordinamento Gnomonico Italiano à télécharger sur le site : WWW.OROLOGISOLARI.EU

La linea zodiacale dell'obelisco di Augusto, Albéri Auber Paolo 6 ; Piccola storia emozionale di una scoperta, Cocito Giancarlo 12 ; Indice atti seminari italiani di gnomonica, Del Favero Enrico 15 ; La declinazione del Sole e l'equazione del tempo Variazioni e valori medi, Ferrari Gianni 20 ; Globo parallelo, proiezione gnomonica diretta e riflessa (parte 3), Ferro Milone Francesco 33 ; L'orologio astronomico e quello italico nei fustini del detersivo, Gunella Alessandro 39 ; Meridiane postali. Il Gronchi

rosa delle "rosse", Tonello Guido 43 ; Le linee orarie secondo l'analemma di Vitruvio, Urfalino Carmelo - Urfalino Angelo 45 ; Itinerari gnomonici : Anselmi Riccardo 65 ; Pubblicazioni : Ferrari Gianni 71 ; Rassegna riviste di gnomonica : Gunella Alessandro 74 ; Notizie gnomoniche : Ghia Luigi Massimo 84 ; Gnomonica nel Web : Casalegno Gianpiero 88 ; Quiz : Nicelli Alberto 89 .



OROLOGI SOLARI N° 6 DÉCEMBRE 2014 CGI - Coordinamento Gnomonico Italiano à télécharger sur le site : WWW.OROLOGISOLARI.EU

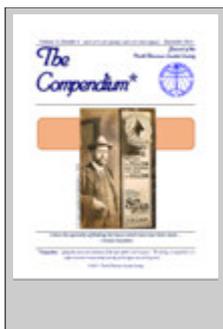
Un antico orologio universale portatile: il Pros-Pan- Klima, Albéri Auber Paolo 6 ; La nuova meridiana bifilare di Aiello, con fili non rettilinei, Anselmi Riccardo 19 ; La meridiana del Duomo di Cividale del Friuli, Causero Miriam 23 ; Progetto di un orologio solare mediante il rilievo di due piani orari, Caviglia Francesco 26 ; Quadranti solari nel "Liberty", Del Favero Enrico 31 ; I cerchi di Lambert e i Seasonal Markers nelle meridiane analematiche, Ferrari Gianni 41 ; Globo parallelo, proiezione

gnomonica diretta e riflessa (parte 4), Ferro Milone Francesco 52 ; Le meridiane di "Semplicemente Serra", Perino Pier Luigi 58 ; Un nuovo metodo di lettura dell'orologio lunare, Poy Pietro 63 ; A scuola di meridiane, Visentin Ennia 77 ; Itinerari gnomonici : Bosca Giovanni 81 ; Pubblicazioni 95 ; Rassegna riviste di gnomonica : Gunella Alessandro 97 ; Gnomonica nel Web : Casalegno Gianpiero 111 ; Quiz: Nicelli Alberto 112 ; Effemeridi : Albéri Auber Paolo 114.



The COMPENDIUM vol 21-3 septembre 2014 (sur CD) de la **NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY**

Sundials for Starters- Ancient Alexandria Alignments Robert L. Kellogg 1 ; Uffenbach's *Zeitweiser* Published 1598 Reinhard Folk 4 ; Still A Method (#11) For The Horizontal Sundial Alessandro Gunella 13 ; The Sundial Potter Paul Craig 14 ; TriSph: The Gnomonist's Swiss Army Knife Yvon Massé 17 ; Lusby Taylor's Mean Time Dial Rolf Wieland 22 ; Hollow Sphere And Hollow Cone Sundials - Part 1 Ortwin Feustel 23 ; Jonas' Dial Jacob Abbott (1839) 31 ; Digital Bonus 38 ; The Tove's Nest 38.



The COMPENDIUM vol 21-4 décembre 2014 (sur CD) de la **NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY**

Sundials for Starters - Bisextile Years And The Analemma Robert L. Kellogg 1 ; A “Little Bit Wrong” Method For Horizontal Sundials Alessandro Gunella 5 ; A S. American Dial With A N. American Connection Martin Jenkins 6 ; Interpreting Sundials Mark Montgomery 7 ; Digital Bonus 10 ; The Practical Geometry Of Revolved Surface Gnomons Stephen Luecking 11 ; Review: Denis Savoie’s *Recherches Sur Les Cadrans Solaires* Fred Sawyer 26 ; Hollow Sphere And Hollow Cone Sundials - Part 2 Ortwin Feustel 29 ; The Tove’s Nest 38 ; Skateboard Dialing cover.



The COMPENDIUM vol 22-1 mars 2015 (sur CD) de la **NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY**

Sundials for Starters - The Morning And Evening Star Robert L. Kellogg 1 ; Digital Bonus 5 ; Elongation Of The Sun And Length Of Day Alessandro Giuiella 6 ; The Sundial R.S. Gedney (1857) 8 ; The Plath Siui Compass Bill Morris & Dan LaPorte 9 ; Sundial Design Considerations Don Snyder 17 ; Sundial In A PicUue Frame Arthur L. Kaufman 32 ; Inscription For A Sundial F.E.R. Hastings (1842) 37 ; Conference Hosting Mark Montgomery 38 ; The Tove’s Nest 39 ; Time’s Advice To Beauty cover



Zonnetijdingen 2014 (sur papier) **de la Zonnewijzerkring Vlaanderen VZW**

N° 71 : Voorwoord 3 ; Het Zutphense kwadrant (deel 2) ; 4 Nieuwe zonnewijzer voor de Volkssterrenwacht Astro LAB IRIS 8 ; Kathedralen en middaglijnen (deel 5) 13 “Tweevoudigh onderwys van de Hemelsche en Aerdsche globen” 16 ; Kringleven 17.

N° 72 : Voorwoord 3 ; De zonnewijzer van de “Pharmacie Delacre” 4 ; Zonnewijzers in Frans-Vlaanderen 6 ; Kathedralen en middaglijnen (deel 6) 9 ; Het nocturlabium 12 ; Boekbespreking 14 ; Kringleven 16.



Zonnetijdingen 2015-1 (sur papier) **de la Zonnewijzerkring Vlaanderen VZW**

N° 73 : Voorwoord 3 ; Rotondes : levensreddende zichtlocaties 4 ; Opmeting van een gevel en ontwerp van een verticale zonnewijzer 8 ; De veelvoudige zonnewijzer van het Londense Whitehall Palace 10 ; Cirkelbogen als uurlijnen 14 ; Kringleven 18.



Bulletin 2014.3 (sur papier) **De Zonnewijzerkring**

Brief aan de redactie van Ad vd Hoeven, Zonnewijzer voor Zorgcombinatie Marga Klompé, Rotondes: levensreddende zichtlocaties, Achtkantige zonnewijzer in de Beemster, App's voor de smartphone, De zonnewijzer van Giovanni Caddei, Nog iets over Retrogradatie, De tijdvereffening en declinatie tabel voor 2015, De jaarvergadering van maart 2015 vervroegd naar januari.



Bulletin 2015.1 (sur papier) De Zonnewijzerkring

Colofon, Secretariaat 3 ; Bijeenkomsten 2015, Secretariaat 3 ; De contributie voor 2015 ; Penningmeester 4 ; Van het bestuur, Secretariaat 5 ; Van de redactie, Redactie 7 ; Voor u gelezen : Cadran Info nr.29 , A. vd Hoeven 8 ; De zonnewijzer op een palissade (J. Robic), Redactie 10 ; De 'Boerenring' uit Woerden, P. de Boer 11 ; De sextant H. Hoogenraad 16 ; De Zimmertoren en het Zimmerpaviljoen te Lier (België), L. Bolsman 20 ; De grote hoepelsfeer in Gouda gered, F. Maes 24 ; Geslaagde redding zonnewijzer, J.M. Schouten 27 ; Prijsvraag, H. Hoogenraad 29 ; De vorm van het analemma, H. Hoogenraad 31 ; Verslag bijeenkomst 24 januari 2015, Secretariaat 33 ; Toelichting

jaarcijfers en begroting, Penningmeester 36 ; Kroniek 2014, Secretariaat 36 ; Personalialia, Redactie 38 ; Mededeling over ledenlijst, Redactie 38 ; Contents of Bulletin 116, February 2015, Redactie 39

Courriel du 15 mars 20015 à la CCS

Dear sundial colleagues,

The annual general meeting of the Dutch Sundial Society, held on January 24th, has elected several new board members.

The composition of the new Board is as follows :

- Mr. M.J.J. (Rien) Spruijt, chairman
- Mr. F.W. (Frans) Maes, secretary
- Mr. J.P.C. (Han) Hoogenraad, treasurer
- Mr. V.G.S. (Volkert) Hoogeland, bulletin editor
- Mrs. A.M.P. (Astrid) van der Werff, website editor
- Mr. J.A.F. (Hans) de Rijk, member
- Mr. H.J. (Hendrik) Hollander, member

The address for correspondence, also for bulletins, is :

Frans Maes
Molukkenstraat 3d
6524 NA Nijmegen
The Netherlands
tel.: +3124.663.0823
email: secretaris@zonnewijzerkring.nl
website: www.zonnewijzerkring.nl



(the old site www.de-zonnewijzerkring.nl has been discontinued, as are the email addresses ...@de-zonnewijzerkring.nl)

We are looking forward to continuing the good cooperation with all sister sundial societies!

Best regards,

Frans Maes, secretary

 Toutes les sociétés gnomoniques étrangères peuvent faire paraître des informations dans cette rubrique.

This heading is open at every gnomonic society.

Pour utilisation personnelle, des articles peuvent être numérisés et envoyés à nos membres par mails, téléchargement ou par courrier (Prix de la page au tarif de la SAF + frais d'envoi suivant poids.)

NOUVEAU NUEVO NEU NEW NOU NIEUW



° L'inventaire des cadrans solaires dans votre poche

Une application pour smartphone et tablette Android (prochainement pour ipad) a été développée par Pascal Presvot. Elle permet de :

- télécharger le ou les départements que vous souhaitez lorsque vous le souhaitez. Voire, la totalité de la base de données soit environ 34000 cadrans
- Visionner votre inventaire des cadrans de France, les photos, les commentaires. Effectuez des recherches par critères de tri ou par mots clés...
- joindre de nouvelles photos et écrire des commentaires sur des cadrans existants.



- ajouter de nouveaux cadrans avec notice et photos (puis les envoyer par mails).

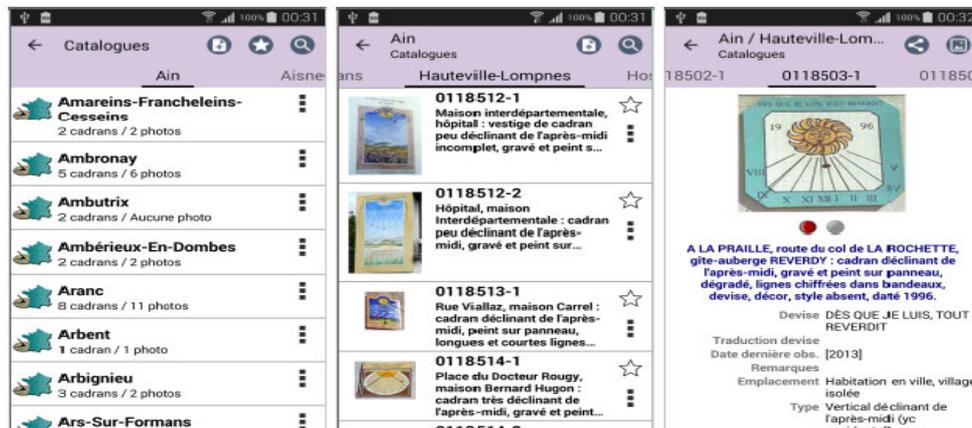
L'application est réservée aux membres de la SAF ayant acheté les inventaires d'octobre 2014.

Comment procéder :

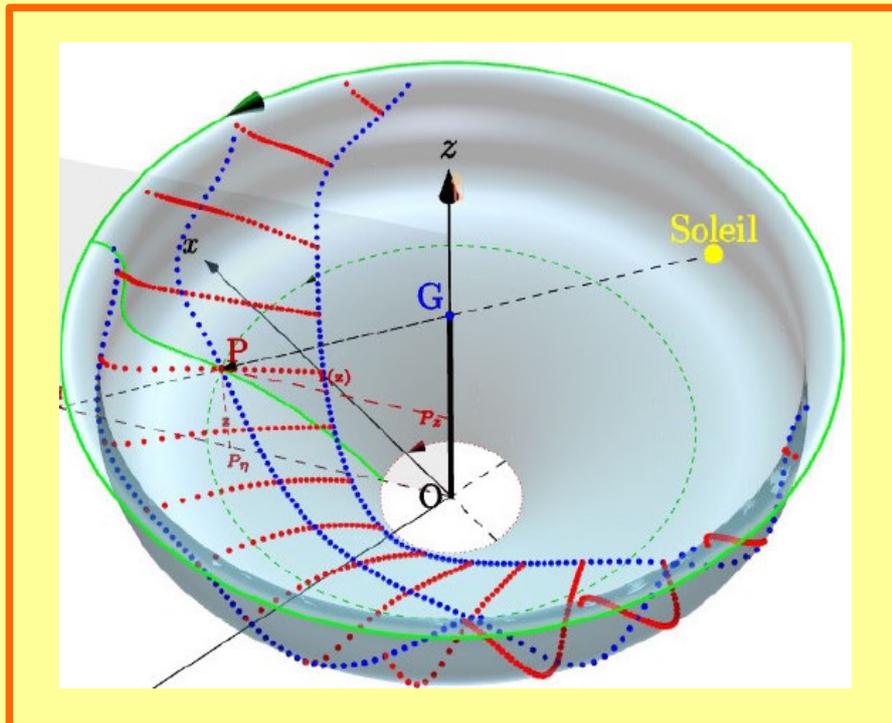
- Recherchez sur votre smartphone ou tablette l'application "MC-Cadrans solaires" sur google play : https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ppsoft.mbc_cadrans .
- Vous réglez 2,99€ sur l'application "Google Play" .
- Vous adhérez à la SAF si vous n'êtes pas membre (50€/an Île de France, 30€ autres départements et étranger, 15€ mineurs et étudiants de -25ans)
- Vous achetez la base de données qui pour 13€ (+ frais d'envoi) comprend sur 2 DVD : les inventaires des cadrans solaires France (33 977 cs, 31 620 fiches, 24101 photos et étranger (13270 cs pour 77 pays), des astrolabes (524), des nocturlabes (375) de France et de l'étranger. La revue Cadran Info du 2ème semestre.
- Vous demandez à Ph. Sauvageot sauvageotph@wanadoo.fr , un code d'accès valable jusqu'au mois d'octobre. Lorsque vous achèterez les inventaires d'octobre 2015. Rien à payer, il vous faudra demander un nouveau code à Ph. Sauvageot.

Pour tout renseignement concernant l'application : <http://www.mobilecollections.fr>

Autres renseignements : sauvageotph@wanadoo.fr



la liste des cadrans de l'Ain 01 (à gauche), la liste des cadrans à Hauteville-Lompnes 01 (au centre), détails du cadran de La Paille 01 (à droite).



Etude de D. Collin

Representation 3D d'un cadran dans une vasque de forme quelconque