

Au Sommaire :

- **Théorie des cadrans à réflexions**
- **Réalisation du cadran à double miroirs de l'INES**

- **Histoire**

Méridiennes à Apt
Cadrans islamiques et de Palestine
byzantine...
Cadran de Genola

- **Réalisations**

Cadrans « Gahon »
Cadran sur palissade
L'Octographe

- **Découvertes**

Cadrans à l'abbaye de St.Maurice

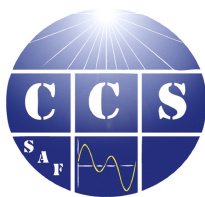
- **Etudes**

Lignes horaires des cadrans
bifilaires.
Styles profilés
Inscriptions sur cadrans anciens

- **Informations**

Nouveaux Cadrans, L'abbé
Guyoux, Cadran de Thèbes,
Limites d'éclairement, Formules
et logiciels, Sociétés étrangères.








Sommaire du N° 29

Summary in English, German, Spanish, Italian

Sommaire en allemand, anglais, espagnol, italien : Traduction de Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi		
Les cadrans solaires à réflexion : L'article fait une brève référence à la théorie des cadrans solaires catoptriques et à leur utilisation comme cadrans solaires géographiques universels	☞ Anselmi Riccardo	10
Lignes horaires dans un cadran bifilaire incliné déclinant : Nature des lignes horaires dans les cadrans solaires bifilaires considérés dans toute leur généralité.	☞ Collin Dominique Mercier	17
Les méridiennes de la ville de Apt : description des deux méridiennes et de cadrans de P.E. Pascal.	Estivalet François	38
Les cadrans Gahon : Claude Gahon présente 7 nouveaux cadrans et son mode de réflexion pour les imaginer et les concevoir.	Gahon Claude	44
Cadrans islamiques anciens : Inventaire préliminaire de 14 cadrans islamiques anciens de Tunisie, spécificité de ces types de cadrans, méthodes de calcul des heures de prières musulmanes.	Mercier Eric	53
Cadran palissade : Utilisation du principe du « cadran invisible, sans style » pour réaliser un cadran solaire avec une palissade de jardin.	Robic Joël	66
Cadran de l'INES : Description des calculs et de la réalisation d'un cadran solaire à réflexion à 2 miroirs, sur surface courbe de 500 m ² .	Savoie Denis	69
Cadrans chrétiens antiques de la Palestine byzantine : Présentation de quatre cadrans dans leur contexte historique et géographique.	Schneider Denis	83
Aux 4 vents des cadrans solaires : Origine et explication d'inscriptions, termes et abréviations des Roses des vents et boussoles des cadrans solaires anciens.	☞ Scordia Jean	89
Le Christ en croix : Description du triple cadran solaire sur la cure de Genola dans le Piémont.	Tamarit Francis	99
Cadrans de précisions : Présentation et analyse de cadrans solaires de temps moyens et en particulier à style profilé.	Tonino Tasselli	102
Les plaies du rhombicuboctaèdre : Gros plan sur les plaies relatives à la position des styles du polyèdre du Mont Sainte-Odile.	☞ Theubet Joseph	122
Le temps d'un sourire : deux cadrans solaires alsaciens confrontés à une végétation luxuriante.	Theubet Joseph	124

Révélation gnomoniques au monastère : le cadran solaire polyédrique et multiface de l'Abbaye de St-Maurice (Suisse) et découverte d'autres cadrans.	 Theubet Joseph	125
Construction géométrique d'un cadran : Construction géométrique d'un cadran solaire vertical et déclinant, sans connaître ni la latitude du lieu, ni la déclinaison du mur, ni la déclinaison du Soleil	Urfalino Carmelo et Angelo	127
Octographe : L'octographe est le nom donné par l'auteur à un traceur mécanique de courbe en huit.	Ziegeltrum Francis	133
Informations diverses : <ul style="list-style-type: none"> ° Dernières réalisations ou découvertes de cadrans. ° Les cadrans de l'abbé Guyoux ° Reçu : Un "Marean-Kielhorn Director", plans, études, objets gnomoniques, livres, lettre de Lalande de 1792, ° Cadran portatif Gilbert & sons, ° Formules gnomoniques pour tableurs, ° Cadrans polyèdres réguliers, ° Cadran de Thèbes, ° Limites de fonctionnement des cadrans solaires, ° Gnomonique du monde. 	 Contributeurs : At: Tournesol, D. Benoit, M. Brialix, P. Bohu, M. Capderou, P.J. Dallet, A. Ferreira, P. Gagnaire, Y. Guyot, R. Kriegler, Ch. Labaudy, M. Lalos, M. Limousin, J. Mahé, E. Mercier, M. Paltrier, J. Rieu, V&E Six, F. Tamarit, Sociétés étrangères.	138 149 155 161 161 163 165 168

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 : Face Nord du bâtiment de l'INES, photo Mathieu Ducros.

Reproduction interdite

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.**

- 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-cadran-solaires.fr/>



D : Inhaltsverzeichnis Cadran-Info n° 29

Inhaltsverzeichnis Deutsch, Englisch, Spanisch, Italienisch : Übersetzung von Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi		
Reflexion Sonnenuhren : Der Artikel macht einen kurzen Verweis auf die Theorie der katoptrischennn Sonnenuhren und deren Nutzung als universale geographische Sonnenuhren	☐ Anselmi Riccardo	10
Stundengeraden in einer inklinierten und abweichenden bifilaren Sonnenuhr : Natur der Stundengeraden in bifilaren Sonnenuhren in ihrer Allgemeinheit betrachtet	☐ Collin Dominique Mercier	17
Die Meridiane der Stadt Apt : Beschreibung der beiden Meridiane und Sonnenuhren von P.E. Pascal.	Estivalet François	38
Die Gahon Sonnenuhren : Claude Gahon zeigt 7 neue Sonnenuhren und seine Überlegungen zu ihrer Entwicklung	Gahon Claude	44
Alte islamische Sonnenuhren : Vorläufige Bestandsaufnahme von 14 alten islamischen Sonnenuhren aus Tunesien, Spezifität dieser Typen, Methoden der Berechnung der muslimische Gebetsstunden.	Mercier Eric	53
Zifferblatt Palisade : Verwendung des Prinzips des „unsichtbaren Zifferblatts, ohne Zeiger“, um eine Sonnenuhr mit einem Gartenzaun zu machen.	Robic Joël	66

Sonnenuhr von INES : Beschreibung der Berechnungen und der Realisierung einer Reflexionssonnenuhr mit 2 Spiegeln auf kurviger Oberfläche von 500 m ² .	Savoie Denis	69
Antike christliche Sonnenuhren im byzantinischen Palästina : Präsentation von vier Sonnenuhren in ihrem historischen und geographischen Kontext.	Schneider Denis	83
Windrosen und Sonnenuhren : Herkunft und Erklärung der Inschriften, Wörter und Abkürzungen aus Windrosen und antiken Sonnenuhren und Kompassen.	☐ Scordia Jean	89
Der Christus am Kreuz : Beschreibung der dreifachen Sonnenuhr an der Pfarrei in Genola in Piemont.	Tamarit Francis	99
Präzisionssonnenuhren : Präsentation und Analyse von MOZ Sonnenuhren und insbesondere mit profiliertem Zeiger	Tonino Tasselli	102
Die Wunden der Rhombenkuboktaeder : Details auf Wunden, in Zusammenhang mit der Position der Zeigern des Polyeders am Mont Sainte-Odile.	☐ Theubet Joseph	122
Die Zeit eines Lächelns : zwei elsässischen Sonnenuhren konfrontiert mit üppiger Vegetation.	Theubet Joseph	124
Gnomonische Enthüllungen im Kloster : die polyedrische und Multiflächensonnenuhr der Abtei St-Maurice (Schweiz) und die Entdeckung anderer Sonnenuhren	☐ Theubet Joseph	125
Geometrische Konstruktion einer Sonnenuhr : Geometrische Konstruktion einer vertikalen und deklinierenden Sonnenuhr, ohne den Breitengrad des Ortes, oder die Deklination der Wand, oder die Sonnendeklination zu kennen	Urfalino Carmelo und Angelo	127
Oktograph : Der Oktograph ist der Name, den der Autor einem Werkzeug gegeben hat, mit dem man die Achterschleife mechanisch erhält.	Ziegeltrum Francis	133
<u>Verschiedene Informationen</u> : <ul style="list-style-type: none"> ◦ Jüngste Entwicklungen oder Entdeckungen von Sonnenuhren ◦ Die Sonnenuhren des Pfarrers Guyoux ◦ Neu eingegangen: Ein "Marean-Kielhorn Director", Pläne, Studien, gnomonische Objekten, Bücher , Brief von Lalande von 1792, ◦ Gnomonische Formeln für Tabellen, ◦ Tragbare Sonnenuhr Gilbert & Sons, ◦ Reguläre Polyeder Zifferblätter, ◦ Sonnenuhr von Theben, ◦ Grenzen der Anwendung von Sonnenuhren, ◦ Gnomonik der Welt. 	☐ Mitwirkende: At;Tournesol,D.Benoit. M.Brialix, P.Bohu, M.Capderou, P.J.Dallet, A.Ferreira, P.Gagnaire, R.Kriegler, Ch.Labaudy, M.Lalos, M.Limousin, J.Mahé, E.Mercier, M.Paltrier, J.Rieu, V&E Six, F.Tamarit, Ausländische Gesellschaften.	138

☐ Zeigt, dass die detaillierte Studie oder die Software in dem Ordner „Annexe“ der numerischen Version enthalten ist.



E: Sumari Cadran-Info n° 29

Resumen en Inglés, Alemán, Español, Italiano: traducción Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi		
Los relojes de sol a reflexión: El artículo hace una breve referencia a la teoría de los relojes de sol catóptricos y a su utilización como relojes de sol geográficos universales.	☞ Anselmi Riccardo	10
Líneas por hora sobre cuadrante de dos hilos inclinado que declina: Naturaleza de las líneas por hora en los relojes de sol de dos hilos en cuestión en toda su generalidad.	☞ Collin Dominique Mercier	17
Las tumbonas de la ciudad de Apt: descripción de las dos tumbonas y de cuadrantes de PE Pascal.	Estivalet François	38
Los cuadrantes Gahon: Claude Gahon presente 7 nuevos cuadrantes y su método de reflexión para imaginarlos y concebirlos	Gahon Claude	44
Cuadrantes islámicos antiguos: Inventario preliminar de 14 cuadrantes islámicos antiguos de Túnez, especificidad de estos tipos de cuadrantes, métodos de cálculo de las horas de rezos musulmanes.	Mercier Éric	53
Cuadrante empalizada: Utilización del principio del "cuadrante invisible, sin estilo" para realizar un reloj de sol con una empalizada de jardín.	Robic Joël	66
Cuadrante de la INES: Descripción de los cálculos y de la realización de un reloj de sol a reflexión a 2 espejos, sobre superficie curva de 500 m ²	Savoie Denis	69
Cuadrantes cristianos antiguos de la Palestina bizantina: Presentación de cuatro cuadrantes en su contexto histórico y geográfico.	Schneider Denis	83
A los 4 vientos de los relojes de sol: Origen y explicación de inscripciones, términos y abreviaturas de las Rosas de los vientos y brújulas de los relojes de sol antiguos.	☞ Scordia Jean	89
El Cristo en cruz: Descripción triple del reloj de sol sobre la cura de Genola en el Piamonte.	Tamarit Francis	99
Cuadrantes de precisiones: Presentación y análisis de relojes de sol de tiempo medio y en particular a estilo perfilado.	Tonino Tasselli	102
Las heridas del rhombicuboctaedro: Grande plan sobre las heridas relativas a la posición de los estilos del poliedro del Mont Sainte-Odile.	☞ Theubet Joseph	122
El tiempo de una sonrisa: dos relojes de sol alsacianos enfrentados	Theubet Joseph	124





a una vegetación exuberante.			
Revelaciones gnomónicas al monasterio: el reloj de sol poliédrico y multiface de la Abadía de St-Mauricio (Suiza) y descubrimiento de otros cuadrantes	☞	Theubet Joseph	125
Construcción geométrica de un reloj de sol: Construcción geométrica de un reloj de sol vertical y declinando, sin conocer ni la latitud del lugar, ni la declinación de la pared, ni la declinación del Sol		Urfalino Carmelo et Angelo	127
Octographe: El octographe es el nombre dado por el autor a un traza líneas mecánico de curva en ocho.		Ziegeltrum Francis	133
Distinta información : <ul style="list-style-type: none"> ◦ Últimas realizaciones o descubrimientos de cuadrantes. ◦ Los cuadrantes del abad Guyoux ◦ Recibo: Un "Marean-Kielhorn Director", planes, estudios, objetos gnomónicos, libros, carta de Lalande de 1792, ◦ Formulas para hoja de cálculo. ◦ Cuadrante portátil Gilbert & sons, ◦ Cuadrantes poliedro regulares, ◦ Cuadrante de Tebas, ◦ Límites de funcionamiento de los relojes de sol, ◦ Gnomónica del mundo. 	☞	Contributeurs : At; Tournesol, D. Benoit. M. Brialix, P. Bohu, M. Capderou, P.J. Dallet, A. Ferreira, P. Gagnaire, R. Kriegler, Ch. Labaudy, M. Lalos, M. Limousin, J. Mahé, E. Mercier, M. Paltrier, J. Rieu, V&E Six, F. Tamarit, Sociétés étrangères.	138

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



GB : Contents Cadran-Info n° 29

Summary in English, German, Spanish, Italian : Translation by R.Kriegler, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi			
Reflective sundials : this article briefly refers to catoptric sundial theory and their use as universal/ general purpose geographical sundials	☞	Anselmi Riccardo	10
Hours lines in a slanted declining bifilar sundial : Nature of hours lines in a slanted declining bifilar sundial considered in its whole generality	☞	Collin Dominique Mercier	17
Meridian sundials in Apt town : the two meridian sundials and P.E. Pascal's sundials description		Estivalet François	38
Gahon'sundials : Claude Gahon describes seven new sundials and his path of thought to imagine and create them		Gahon Claude	44
Islamic antique sundials : 14 Tunisian Islamic antique sundials preliminary inventory; specific character of these types of sundials. Method to calculate Muslim prayers hours		Mercier Eric	53


Summary in English, German, Spanish, Italian : Translation by R.Kriegler, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi		
Sundial with a fence : Use of the "invisible sundial, without style" rule to make a sundial by use of a garden fence	Robic Joël	66
INES sundial : Computation description and description of the implementation of a reflection sundial with two mirrors on a 500 m ² curved surface	Savoie Denis	69
Antique Christian sundials in Byzantine Palestine : Description of four sundials in their historical and geographical context	Schneider Denis	83
Spreading winds of sundials : Incised motto, terms and abbreviation origin and explanation of wind roses and compasses of antique sundials	 Scordia Jean	89
Crossed Christ : Triple sundial displayed on Genola presbytery in Piedmont description	Tamarit Francis	99
Precision sundials : Display and analysis of average time sundials and especially with profiled style	Tonino Tasselli	102
Rhombicuboctaedre wounds : Close-up on the wounds due to styles positions on the polyhedron at Mont Sainte Odile	 Theubet Joseph	122
Smiling moment : Two Alsatian sundials fighting against luxuriant vegetation	Theubet Joseph	124
Gnomonic revelations in a monastery : The polyhedral and multisided sundial at St Maurice abbey (Switzerland) and discovery of other sundials	 Theubet Joseph	125
Geometrical construction of a sundial : Geometrical construction of a vertical and declining sundial without the knowledge of latitude, wall declination and sun declination	Urfalino Carmelo et Angelo	127
Octograph : Octograph is the given name by the author to a mechanical analemmatic curve drawing machine	Ziegeltrum Francis	133
Miscellaneous information : <ul style="list-style-type: none"> - Recent constructions or discoveries of sundials - Abbot Guyou's sundials - Received objects: a "Marean-Kielhorn Director", plans, drawings, studies, gnomonic objects, books, a 1792 Lalande's letter - Gnomonical formulae for spreadsheet - Gilbert & sons portable sundial - Regular polyhedral sundials - Sundial in Thèbes - Operating limits for sundials - World gnomonical science 	 Contributeurs : At; Tournesol, D. Benoit, M. Brialix, P. Bohu, M. Capderou, P.J. Dallet, A. Ferreira, P. Gagnaire, R. Kriegler, Ch. Labaudy, M. Lalos, M. Limousin, J. Mahé, E. Mercier, M. Paltrier, J. Rieu, V&E Six, F. Tamarit, Sociétés étrangères.	138

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



I: Indice Cadran-Info n° 29

Indice in tedesco, inglese, spagnolo, italiano : Traduzione di Y.Opizzo, M.Lambalieu, D.Collin, R.Anselmi		
I quadranti solari a riflessione : L'articolo fa un breve riferimento alla teoria degli orologi solari catottrici e alla loro utilizzazione come quadranti solari geografici universali.	☞	Anselmi Riccardo 10
Linee orarie in un quadrante bifilare inclinato declinante : Natura delle linee orarie nei quadranti solari bifilari considerati in tutta la loro generalità.	☞	Collin Dominique Mercier 17
Le meridiane della città di Apt : descrizione di due meridiane e dei quadranti di P.E. Pascal.		Estivalet François 38
I quadranti Gahon : Claude Gahon presenta 7 nuovi quadranti ed il suo modo di riflettere per immaginarli et concepirli.		Gahon Claude 44
Quadranti islamici antichi : Inventario preliminare di 14 quadranti islamici antichi della Tunisia, specificità di questi tipi di quadranti, metodi di calcolo delle ore delle preghiere musulmane.		Mercier Eric 53
Quadrante palizzata : Utilizzazione del principio del «quadrante invisibile, senza stilo» per realizzare un quadrante solare su una palizzata da giardino.		Robic Joël 66
Quadrante dell'INES : Descrizione dei calcoli e della realizzazione d'un quadrante solare a riflessione a 2 specchi, sopra una superficie curva di 500 m ² .		Savoie Denis 69
Antichi quadranti cristiani della Palestina bizantina : Presentazione di quattro quadranti nel loro contesto storico e geografico.		Schneider Denis 83
I 4 venti nei quadranti solari : Origine e spiegazione delle iscrizioni, termini ed abbreviazioni delle Rose dei venti e bussole degli antichi quadranti solari.	☞	Scordia Jean 89
Il Cristo in croce : Descrizione del triplo quadrante solare della canonica di Genola in Piemonte.		Tamarit Francis 99
Orologi solari di precisione : Presentazione e analisi di quadranti solari a tempo medio ed in particolare a stilo sagomato.		Tonino Tasselli 102
Le crepe del rombo cubottaedro : Grosso piano sulle crepe relative alla posizione degli stili del poliedro di Mont Sainte-Odile.	☞	Theubet Joseph 122
Il tempo d'un sorriso : due quadranti solari alsaziani confrontati a una vegetazione lussureggiante.		Theubet Joseph 124
Rivelazioni gnomoniche al monastero : il quadrante solare poliedrico e multi facce dell'Abbazia di St-Maurice (Suisse) e la scoperta di altri quadranti.	☞	Theubet Joseph 125

<p>Costruzione geometrica di un quadrante: Costruzione geometrica di un quadrante solare verticale, declinante, senza conoscere né la latitudine del luogo, né la declinazione del muro, né la declinazione del Sole</p>	<p>Urfalino Carmelo et Angelo</p>	<p>127</p>
<p>Ottografo: L'ottografo é il nome dato dall'autore ad un tracciatore meccanico di lemniscata.</p>	<p>Ziegeltrum Francis</p>	<p>133</p>
<p>Informazioni diverse:</p> <ul style="list-style-type: none"> ° Ultime realizzazioni o scoperte di quadranti. ° I quadranti dell'abbazia Guyoux ° Ricevuto: Un "Marean-Kielhorn Director", piani, studi, oggetti gnomonici, libri, lettera di Lalande de 1792, ° Formule gnomoniche per tavole, ° Quadrante portatile Gilbert & figli, ° Quadranti poliedrici regolari, ° Quadrante di Tebe, ° Limiti di funzionamento dei quadranti solari, ° Gnomonica del mondo. 	<p> Hanno contribuito : At;Tournesol,D.Benoit. t. M.Brialix, P.Bohu, M.Capderou, P.J.Dallet, A.Ferreira, P.Gagnaire, R.Kriegler, Ch.Labaudy, M.Lalos, M.Limousin, J.Mahé, E.Mercier, M.Paltrier, J.Rieu, V&E Six, F.Tamarit, Associazioni straniere.</p>	<p>138</p>

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

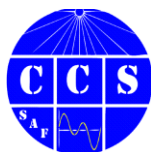
La Commission des Cadrans solaires ce sont :

- ° 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 et des inventaire des cadrans et astrolabes 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 520 articles déjà parus dans Cadran Info

La liste des offres de la CCS



Les cadrans solaires à réflexion

Riccardo Anselmi

Sur ce sujet passionnant et complexe, il y a une absence de littérature récente, accessible à tous, de sorte qu'il ne paraît pas facile de trouver un essai qui explique, en premier lieu, les bases de la théorie des cadrans solaires à réflexion, sans recourir à certaines formules qui sont réservées aux plus exigeants gnomonistes.

Il y a des revues de gnomonique qui proposent quelques articles sur le sujet. Il y a aussi des mémoires d'influents gnomonistes, présentées dans des séminaires. Cependant, ils se limitent à certains aspects très intéressants de ce secteur de la gnomonique, mais pas à toute la théorie. On dirait que la connaissance de cette discipline est tenue pour acquise, ou bien, réservée à un public choisi, comme la gnomonique chinoise qui était autrefois, "propriété" exclusive des membres de la cour impériale. Il y a pourtant, de nombreux cadrans solaires à réflexion de réalisation récente, ce qui prouve l'intérêt encore très vif des gnomonistes pour cette discipline.

Ceux qui s'engagent dans la construction d'un cadran catoptrique choisissent généralement le cas particulier dans lequel l'équivalence avec un cadran solaire plan classique est évidente ou, en alternative, en utilisant la projection d'un graphique d'un cadran solaire plan, obtenue à l'aide d'un faisceau laser sur une surface courbe ou irrégulière. Cette technique, bien sûr sans le laser, est aussi vieille que les horloges à réflexion. La démonstration de son utilisation dans le passé est évidente en voyant par exemple les cadrans solaires à miroir que le Père Maignan a fait à Rome au 17^e siècle. Comment, ce religieux, un des grands interprètes de l'âge d'or de la gnomonique, pouvait réaliser-t-il les cadrans solaires du Palais Spada et du couvent de la

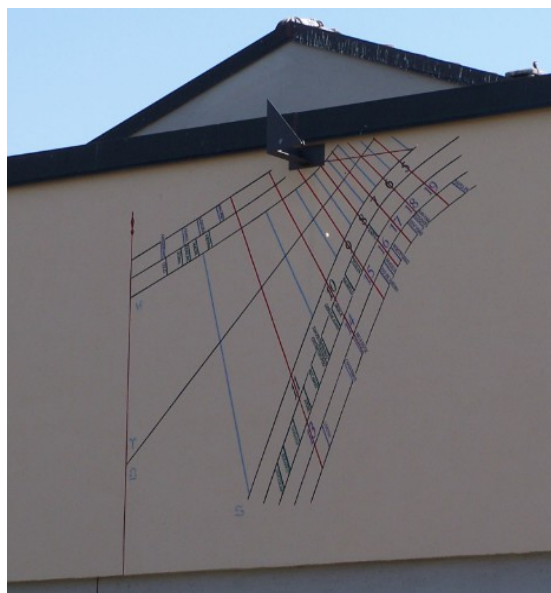


Figure 1 : Photo de méridienne solaire universelle à réflexion

Trinité des Monts, si non en utilisant la méthode projective ?

D'autres montres catoptriques intéressantes, trouvées dans quelques riches demeures anciennes de l'Italie du nord, et heureusement encore bien conservées, confirment que cette technique était bien connue.

Après ce préambule, pas très flatteur, il me paraît nécessaire de donner un aperçu de la théorie de ces cadrans solaires avec l'espoir d'offrir une petite contribution à leur divulgation.

Le but, ainsi que le désir, de cet article est d'éveiller la curiosité et l'intérêt de ceux qui n'en ont entendu parler que marginalement. La gnomonique à réflexion a été traitée par de grands gnomonistes du passé, y compris le célèbre jésuite Athanasius Kircher, qui nous a laissé une abondante documentation de modèles de cadrans solaires à réflexion dans son traité *Primitiae Gnomonicae Catoptricae*.

De ces quelques mots à caractère seulement informatif, passons à la description d'une horloge solaire catoptrique hypothétique et de toutes ses caractéristiques techniques. Des données relatives à sa possible adaptation à cadran universel et géographique concluront l'article.

Un cadran plan à réflexion est composé d'un petit miroir circulaire, dont la surface plane réfléchit la lumière du soleil, et du cadran lui-même, juste et vrai, c'est-à-dire la surface plane qui reçoit le rayon réfléchi. Le cadran doit être doué d'un graphique capable d'interpréter les informations que la lumière du soleil fournit. L'indicateur de l'heure, composé d'un petit spot de lumière ("timbre"), se déplace, d'habitude, dans le sens inverse par rapport à celui d'un cadran solaire classique.

Généralement, sur un cadran solaire traditionnel, le temps est indiqué par l'ombre d'un style pointé vers le pôle céleste. Le plan horaire, c'est-à-dire le plan fixe sur lequel le soleil se déplace dans les différentes saisons indiquant la même heure, est déterminé par trois points : le soleil, dont il est issu, le pôle céleste et le point gnomonique.

Par ces deux derniers points passe une droite parallèle à l'axe de la Terre autour duquel le plan horaire tourne dès que l'angle horaire varie. Le point gnomonique n'est pas nécessaire pour indiquer les heures, mais plutôt pour déterminer les lignes diurnes, les heures temporaires et d'autres données qui dépendent de la déclinaison du soleil.

Dans le cas d'indication des heures seules comme précisé ci-avant, la longueur du style polaire est défini seulement pour des raisons esthétiques liées à la taille du cadran solaire. En fait, n'importe quel point du style polaire engendre une ombre qui tombe sur la même ligne horaire en rendant inutile l'utilisation d'un "nœud"

(œilleton, boule...) pour indiquer le temps.

On peut faire la même considération avec les heures italiennes et celles babyloniennes à l'égard du style conique. Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale au miroir,

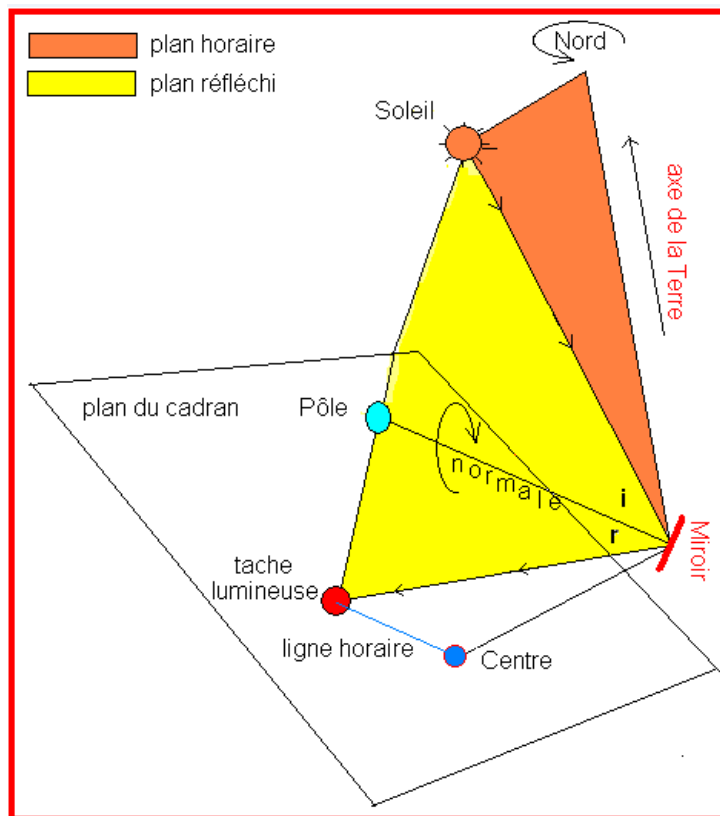


Figure 2 : Schéma de fonctionnement d'un cadran solaire à réflexion

bissectrice de l' angle entre les deux rayons, identifient un plan qui, cependant, ne présente pas les caractéristiques d'un plan horaire étant donné qu'à la variation de la déclinaison du soleil un nouveau plan se forme même si le plan horaire ne change pas. Le centre du cadran, où convergent les lignes horaires, n'est que l'image du pôle céleste réfléchi sur le cadran.

La simple ligne horaire se compose d'un nombre infini de points générés à partir du rayon réfléchi qui se déplace suivant la déclinaison du soleil en faisant tourner le plan défini ci-dessus autour de la normale. Dans un cadran solaire classique le plan horaire reste fixé aux différentes déclinaisons du soleil. Chaque ligne horaire peut être tracée comme une projection du style polaire, ce qui ne se produit pas avec les cadrans solaires catoptriques.

Si la normale au miroir était représenté par une tige, on remarquerait que son ombre ne marque aucune heure comme dans les cas du style perpendiculaire d'un cadran traditionnel dont la pointe est le seul indicateur. Le point image du miroir, c'est-à-dire le point où la normale au miroir rencontre le cadran, peut être considéré comme le pôle du miroir. Le point gnomonique est considéré comme le "nœud" d'un style qui détermine à la fois le temps et la déclinaison du soleil. L'axe de rotation représenté par la normale au miroir ne se comporte pas comme un style polaire étant donné que seulement son extrémité (l'une sur le miroir) détermine les points de la ligne horaire.

Le seul véritable pôle de rotation des plans réfléchis reste, donc, le pôle du miroir qui n'est pas un point de confluence des lignes horaires. Le point gnomonique est fixe, la ligne droite (rayon incident) commune au plan horaire et à celui induit se déplace en ayant comme extrémités le soleil et le point gnomonique.

C'est intéressant d'interpréter le sens de la ligne droite à partir du pôle vers le centre du cadran. Il s'agit d'une ligne droite horaire particulière, l'image de la sous-styloire du miroir.

Considérons le miroir comme un cadran solaire par lui-même et sa normale comme un style droit. Ce cadran solaire théorique a son pied qui coïncide avec le point gnomonique et son sous-style. Le pôle est la projection du pied sur la face du miroir dans la direction de la normale. De la même façon la projection de son sous-style passe par le pôle, en indiquant clairement une heure qui dépend exclusivement des caractéristiques du miroir. En pratique, lorsque le "timbre" franchit cette ligne, le soleil est sur le même plan horaire correspondant à l'heure du sous-style. Si, par la suite, la tache de lumière passe également sur le pôle du miroir, la hauteur du Soleil est égale au complément de l'inclinaison du miroir et les azimuts coïncident. Lorsque cette ligne coïncide avec celle du sud, le miroir est orienté plein sud. Pour les autres cas, le sens est clair.

Couramment, la réalisation d'un cadran solaire catoptrique ne présente pas de difficultés théoriques car la simple application de la loi de réflexion permet de tracer le graphique assez facilement. Prenons en exemple la mise en œuvre d'un cadran à réflexion sur le plafond d'une chambre avec un miroir plus bas, placé horizontalement ou de le tracer d'un cadran sur un mur vertical à l'aide d'un miroir vertical. Ces deux exemples sont la démonstration de l'inutilité d'un logiciel spécial pour tracer les deux cadrans. Il suffit en effet d'utiliser le graphique d'un cadran solaire horizontal dans le premier cas et vertical dans le second, en prenant bien soin de les tracer "par transparence". Les difficultés surgissent quand on souhaite utiliser n'importe quelles orientations des deux plans du cadran solaire, alors il n'y a plus de solution facile disponible. Les deux surfaces planes, la première du cadran, sur laquelle on trace l'horloge, et l'autre celui du miroir, qui, par ses dimensions très réduites, rend l'opération de positionnement difficile et délicate, sont déclinantes et inclinées ne permettant pas une simple et prompt solution à l'aide d'un cadran équivalent.

La solution globale, qui peut faire face à la grande variété de cadrans catoptriques, doit, alors être recherchée dans un logiciel approprié. Un outil qui permette de résoudre, d'une manière définitive, tous les problèmes associés à ce type de cadrans solaires par ordinateur.

Il existe le "logiciel Cartesius miroir" capable d'exécuter tous les graphiques au format dxf, de fournir des informations précises et à établir les données d'un miroir déjà installé.

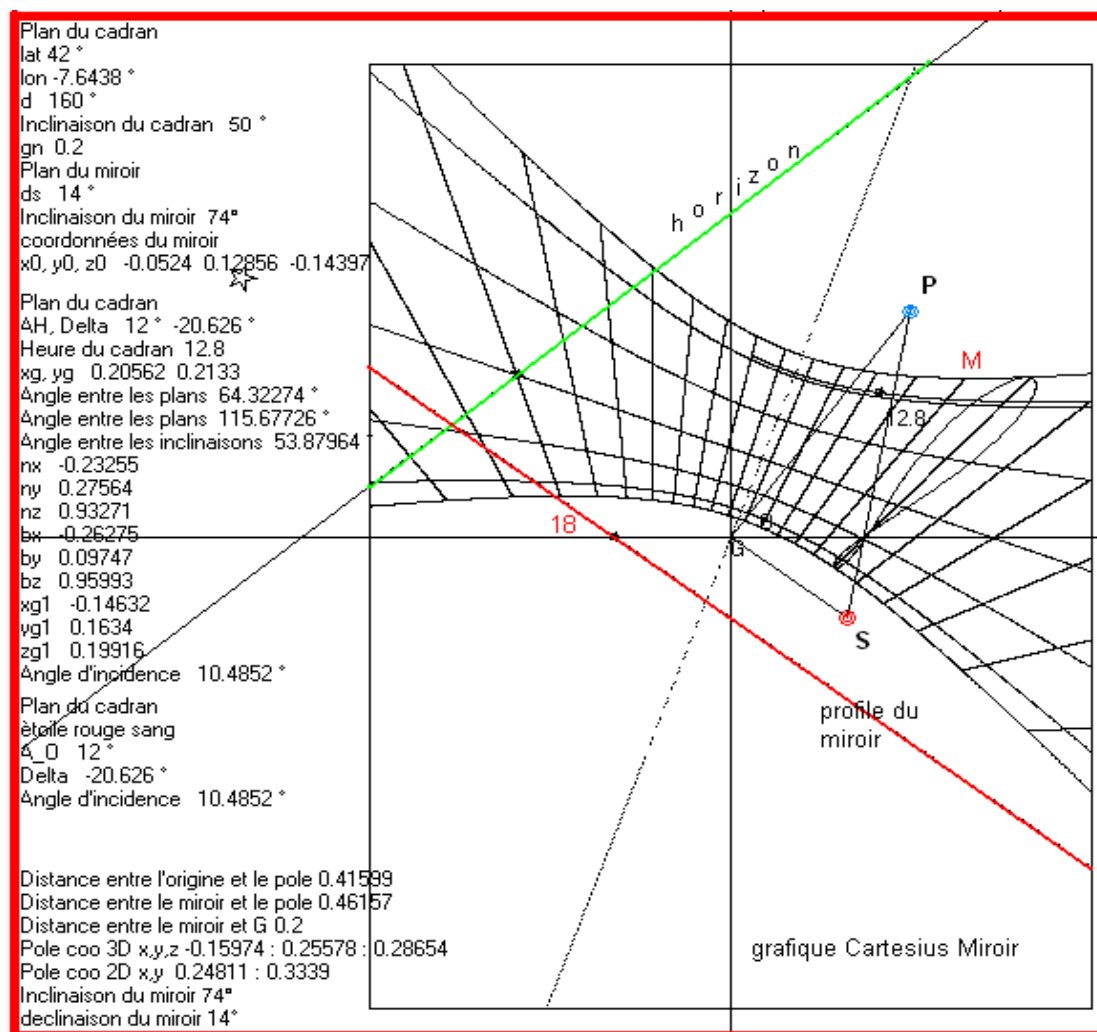


Figure 3 : Graphique de cadran solaire catoptrique

La figure 3 montre le tracé réalisé avec "Cartesius"¹, d'une horloge à réflexion correspondant aux données suivantes : latitude = 42 °, longitude = -7,6438 ° (Est), Style = 0,2 m, déclinaison = 160 °, inclinaison = 40 °, déclinaison du miroir = 14 °, son inclinaison = 16 °.

Quand on parle de style, on entend la distance à partir de la face du miroir dont l'azimut est de 160 °. Dans l'image Fig 3, on voit deux lignes horizontales: la ligne verte qui est l'horizon géographique, la ligne rouge qui est le profil du miroir en raison de sa position qui est une limite structurelle. En pratique, il ne peut pas refléter au-delà de la ligne rouge. La partie utile du cadran à miroir se trouve entre ces deux lignes dans la zone à droite. Une

1 Les caractéristiques du logiciel Cartesius de R. Anselmi sont présentées dans Cadran Info n° 28 p. 124

troisième ligne pointillée, noire, passant par l'origine des coordonnées, est un axe de symétrie du cadran solaire : la traditionnelle sous - stylaire qui unit le pôle au centre de la montre. Le "timbre" de la lumière se déplace de droite à gauche dans la zone entre les deux solstices. La courbe en huit des 12 heures précédant le midi vrai est indiquée par la lettre M.

Le triangle rectangle, visible au centre du graphique, montre la façon dont sont reliés le miroir S, le pôle P et l'origine des coordonnées G et l'hypoténuse, qui indique la distance entre le pôle (bleu clair) et le miroir (rouge) rabattu, le segment entre le miroir et l'origine des coordonnées c'est-à-dire le style, et le deuxième côté, égale à la distance du pôle à partir de l'origine des coordonnées.

Si l'on considère que la normale au miroir est un vecteur et que le style droit est un segment orienté, perpendiculaire au plan du cadran, l'angle entre ces deux vecteurs est également l'angle entre le plan du cadran et celui du miroir. Le vecteur jaune représente la différence de ces deux vecteurs. Vu que le triangle est représenté plié sur le plancher de la ligne, quand on le remet en sa position naturelle on constate que le miroir, représenté par une couronne circulaire rouge, est au-dessus de l'origine des coordonnées. Le vecteur jaune, à l'échelle dans la figure, mais qui est représenté horizontalement, indique la direction vers laquelle est tourné le miroir. L'heure prévue par le programme, comme indiquée par la flèche rouge pointée vers une étoile, marque 12,8 le 27 Novembre.

Le thème des cadrans solaires géographiques² a été traité par plusieurs auteurs et à plusieurs reprises dans plusieurs revues de gnomonique, ainsi que dans des mémoires présentées lors de séminaires précédents. Ces cadrans solaires ne sont qu'une version moderne des méridiennes universelles très communes dans les siècles passés, mais avec l'avantage sur ces dernières, de montrer la couverture géographique des emplacements connus dont on indique le midi, car ils sont accompagnés de carte des régions du monde où il est jour quand le cadran solaire est opérationnel.

Les méridiennes géographiques sont presque inexistantes ou extrêmement rares, Je ne connais que celle construite en 1997 à Almese (TO), par Mario Anesi, un véritable pionnier dans ce domaine et celle en laiton, du professeur Joan Girbau (Fig 5) à Barcelone en 2011, sans problème d'orientation de la carte, celle-ci étant horizontale.

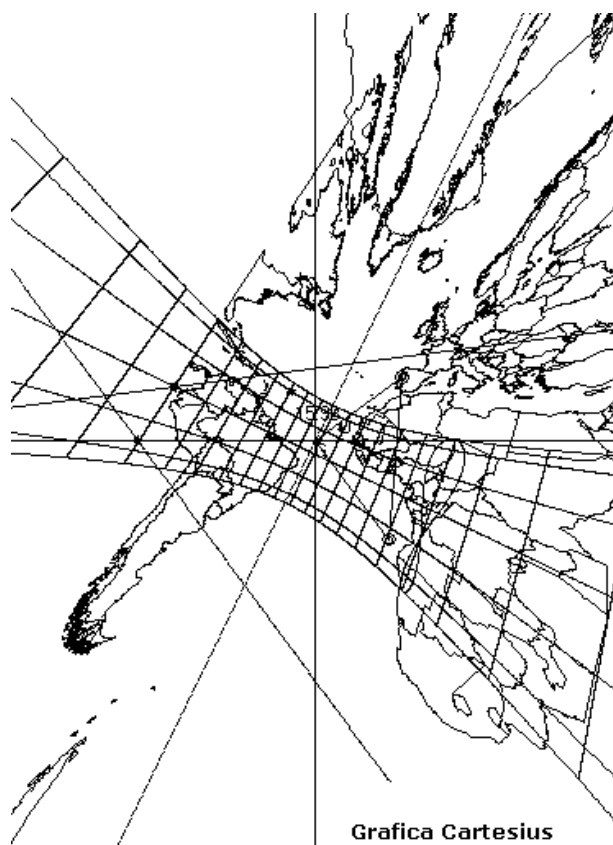


Figure 4 : Projet de méridienne solaire universelle géographique à réflexion

² Lire l'article "Méridiennes universelles Cartesius" de R. Anselmi Cadran Info n° 28 p. 21

La position normale de l'Est à gauche et de l'Ouest à droite, commune à presque tous les cadrans solaires verticaux, devient un facteur négatif dans certains cadrans solaires géographiques boréales alors qu'il reste inaperçu dans les universels . Une solution pour résoudre ce problème est de rabattre la carte de 180° en inversant l'hémisphère nord avec l'hémisphère sud. Cette disposition évite de montrer, par exemple, l'apparition de la carte spéculaire sur laquelle l'île de Madagascar se trouve à la gauche de l'Afrique et à la droite de l'Inde etc. La carte se montre, cependant, à l'envers, de

manière non - traditionnelle.

Cette solution est plus acceptable et, par conséquent, pourrait être, à l'avenir, l'option préférée. L'anomalie ci-dessus ne se trouve pas, au contraire, dans les méridiennes géographiques à réflexion de l'hémisphère nord car le miroir propose la carte comme nous avons l'habitude de la regarder. Cependant, cette situation ne se produit pas toujours, car il y a des cas où même pour



Figure 5 : Photo d'horloge solaire zenitograph de Joan Girbau

les méridiennes géographiques à réflexion de l'hémisphère nord reste l'inversion maladroite de l'Orient avec l'Occident. En fait, un cadran solaire vertical avec le miroir placé horizontalement maintient l'importune position de l'est et de l'ouest et, par conséquent, l'éventuelle carte géographique en est affectée.

En général, le fond «cartographique» d'un cadran catoptrique classique, devrait l'embellir en le rendant particulièrement intéressant du fait que le thème géographique est autant ornemental qu'éducatif. Les œuvres si inhabituellement décorées, témoignent d'un aspect inconnu des cadrans solaires .

Les cadrans solaires catoptriques présentent toutefois deux limites à leur fonctionnement, l'une naturelle : l'horizon géographique, et l'autre structurelle qui agit comme un second horizon. En fait, le plan du miroir rencontre le ciel dans un cercle maximum au-delà duquel le miroir ne reflète plus. Le cadran solaire géographique à miroir ne peut être facilement "tapissé" que dans la zone située entre ces deux grands cercles parce que là seulement il fonctionne.

L'aire du cadran catoptrique pourrait être beaucoup plus grande que son propre rôle utile à cause des limites imposées par l'orientation du miroir. En outre, étant donné que l'indicateur est représenté par une très petite tache de lumière, la zone géographique de fonctionnement du cadran solaire est encore réduite à la seule bande tropicale alors que dans les méridiennes universelles géographiques l'ombre est spécialement allongée, et couvre pratiquement tous les secteurs du cadran. Pour remédier partiellement à cette restriction on pourrait continuer les lignes horaires au-delà de la zone entre les solstices, ce qui permettrait une lecture plus confortable au dehors de la bande tropicale ou se trouvent d'autres capitales.

La photo (Fig 1), qui a circulé il y a quelques années sur la liste de diffusion « gnomonica italiana », est, sûrement, le témoignage d'un des premiers exemples de cadrans solaires universels à réflexion indiquant les noms de certaines capitales sur le cadre.

Elle a été prise en Juillet 2007 en Italie du Nord par un auteur qui est resté, malheureusement, inconnu.

Bibliographie / sitographie

a) Francesco Ferro Milone, "*Meridiane geografiche*" da Gnomonica Italiana, Anno VIII n. 24-25, Décembre 2011, p. 24-28.

b) Gianpiero Casalegno, "*Come realizzare un orologio solare geografico*" da Gnomonica Italiana, Anno VIII n. 24-25, Décembre 2011, p. 31-34.

c) Francesco Caviglia, "*Meridiane universali*" da Atti del XVI Seminario Nazionale di Gnomonica, S.Felice Circeo 9-11 Octobre 2009, p. 36-44.

d) Riccardo Anselmi "*Software Cartesius Mirror*" (<http://sundials.anselmi.vda.it>) alla sezione "Software".

e) Riccardo Anselmi, "*Le meridiane universali calcolate con il computer*" da Orologi Solari, Anno I, n 1, Avril 2013, p. 17-21

f) Denis Savoie, "*Les cadrans solaires à réflexion* ", Cadran Info n°25 – Mai 2012, p 72-79

g) Collin Dominique, "*Gnomonique catoptrique* ", Cadran Info n°26 – Octobre 2012, p 24-49



Il aurait pu être à réflexion...

Repéré par l'œil expert de Jean-Michel Ansel, dans le film CASIMIR, voici un "cadran postiche" suivant sa définition, qui aurait pu être à réflexion.





Lignes horaires dans un cadran bifilaire incliné déclinant

Dominique Collin & Eric Mercier

On complète ici l'étude menée dans cadran Info n°28 d'octobre 2013 [Mercier & Collin] qui était consacré au cadran solaire bifilaire horizontal à styles obliques. On présente la nature des lignes horaires dans les cadrans solaires bifilaires considérés dans toute leur généralité : surface plane inclinée et déclinante et fils rectilignes disjoints, inclinés et déclinants¹. En cela, les logiciels « Hugo.0.4c » de M. Mercier sous macintosh et le fichier programme sous Povray (fichier réalisé par M. Baillet) apportent une aide indispensable à la vérification et à l'extension de la conjecture portant sur les lignes horaires de tels cadrans.

1. Conjecture sur les lignes horaires dans les bifilaires inclinés déclinants

Proposition. Dans un cadran solaire à plan incliné déclinant muni de deux fils rectilignes quelconques², disjoints et supposés sans épaisseur :

- [1] *Les lignes horaires sont des coniques.*
- [2] *Les lignes horaires sont des branches d'hyperboles, excepté la ligne de midi qui peut être, selon la configuration du système bifilaire, une branche d'hyperbole, ou un segment de droite.*

Corollaire.

Les propositions [1] et [2] s'étendent à toute variété de cadran plan, pourvu que le système bifilaire soit composé de fils rectilignes en position quelconque au-dessus du plan, restriction faite des configurations particulières de parallélisme, de plans azimutaux parallèles, de réunions de points, et du cadran bifilaire de M. Rouxel³.

□

Preuve.

On développe les outils qui permettent de vérifier par voie numérique les deux propositions, afin de pouvoir les exercer sur toute espèce de cadrans plans bifilaires, par exemple comme ceux qui ont été tracés dans le précédent article (Mercier & Collin, *op. cit.*, p. 110-112). On construira d'abord un formulaire donnant les coordonnées rectangulaires du point d'intersection des ombres dans le plan du cadran incliné déclinant. Ensuite, l'utilisation de ce formulaire *had hoc* sur une ligne horaire donnée permettra d'en déterminer le genre et d'apporter une preuve numérique, dans l'attente d'une démonstration purement géométrique...

¹ Aussi appelés *styles obliques*, pour les différencier notamment du style polaire.

² Chaque fil possède un azimut et une distance zénithale qui leur sont propres. On exclura tout cas particulier des fils : c'est-à-dire fils horizontaux, et fils placés dans des plans parallèles.

³ B. Rouxel, « Cadrans bifilaires : Étude géométrique », Cadran Info n°9, mai 2004. Et aussi : « Bifilar sundials », The Compendium, NASS, juin 2007, vol.14, n°2, pp. 5-11. Dans ce bifilaire, le plan est polaire sud ($D=0^\circ, I=\phi$), le premier fil est vertical : $(Az_1; i_1)=(0^\circ; 0^\circ)$, le second est dans le premier vertical : $(Az_2; i_2)=(\pm 90^\circ; 0^\circ < i_2 < 90^\circ)$. Cette configuration produisant des lignes horaires parallèles est unique.

Détaillons les étapes clefs de la *vérification* de cette *conjecture*. On détermine d'abord les paramètres angulaires des fils nécessaires à l'élaboration d'une théorie du bifilaire incliné déclinant. En effet, la déclinaison gnomonique des fils et leur distance zénithale ne peuvent être utilisées telles quelles : il est nécessaire de les transformer afin de les rendre utilisables dans le plan du cadran. C'est pourquoi on définit la position angulaire des fils par rapport à la ligne de plus grande pente et leur inclinaison sur le plan du cadran. Cela permet d'établir assez facilement, dans un repère arbitrairement choisi, les coordonnées cartésiennes du point d'intersection existant entre les ombres des fils. De ce formulaire, à angle horaire constant, on extrait les coordonnées de six points de la ligne horaire choisie, puis on applique le théorème de Pascal sur les sections coniques (cf. D. Collin, « *Lignes horaires dans un cadran bifilaire* », Cadran Info n°28, octobre 2013, p. 29-45). À partir de là, s'il s'agit bien d'une conique, le discriminant de son équation cartésienne nous renseigne sur son genre. D'où une validation des propositions [1] et [2].

Des exemples numériques variés sont proposés, et on a préféré choisir plus concrètement cinq faces⁴ d'un polyèdre régulier : le dodécaèdre. Il est tel qu'il repose sur une face avec comme contraintes une face plein nord et une arête plein sud. Les tracés des cadrans bifilaires sur cinq de ces faces se trouvent placés à la fin de l'article (cf. planches, cadrans n°1 à 5).



2. Coordonnées rectangulaires du point d'intersection des ombres des fils

a-1) Installation des styles obliques au-dessus d'un plan incliné déclinant

Considérons un point M_{k0} , point d'implantation d'un style non nécessairement polaire. Le style oblique numéro k désigné par F_k ⁵, est contenu dans un plan vertical d'azimut Az_k et possède une certaine distance zénithale i_k (on exclu le cas du fil horizontal). L'extrémité de F_k est le point N_k qui est lui-même l'extrémité du style droit associé ($O_k N_k$ est le style droit de F_k ; cf. fig. 3). Utiliser les paramètres classiques $(Az_k; i_k)$ pour installer le style oblique au-dessus d'un plan incliné déclinant n'est pas du tout aisé. On préférera plutôt se servir d'angles directement utilisables depuis la surface du plan incliné déclinant : ce sont les paramètres angulaires $(\beta_k; f_k)$ (voir fig. 1 et 3) :

- f_k est l'angle entre le style oblique F_k et sa sous-styloire. C'est la hauteur du style oblique sur le plan incliné déclinant.
- β_k est l'angle entre la ligne de plus grande pente (LPGP) et la sous-styloire associée à F_k – il est compté positivement dans le sens trigonométrique depuis le plus haut de la LPGP. Il permet de positionner la sous-styloire sur la surface du cadran.

Les formules (1) et (2) donnent les relations de passage entre ces deux espèces de paramètres angulaires. La figure 1 montre sur la sphère céleste de centre O_k , la correspondance qu'il peut y avoir entre les paires $(Az_k; i_k)$ et $(\beta_k; f_k)$ du style oblique numéro k . On considérera les styles dans toute leur généralité, mais on exclura tout parallélisme avec le cadran. Rappelons enfin que D et I sont respectivement la déclinaison gnomonique et la distance zénithale du plan incliné déclinant.

⁴Les normales des cinq faces pointent dans des directions situées au-dessus de l'horizon. Dit autrement, ce sont les cinq faces adjacentes à la face supérieure horizontale du dodécaèdre.

⁵ $k=1$ pour le premier style, $k=2$ pour le deuxième.

Les analogies de Néper dans le triangle sphérique ZNN_k , permettent de calculer, sans aucune ambiguïté de signe, l'angle β_k . On calculera donc successivement :

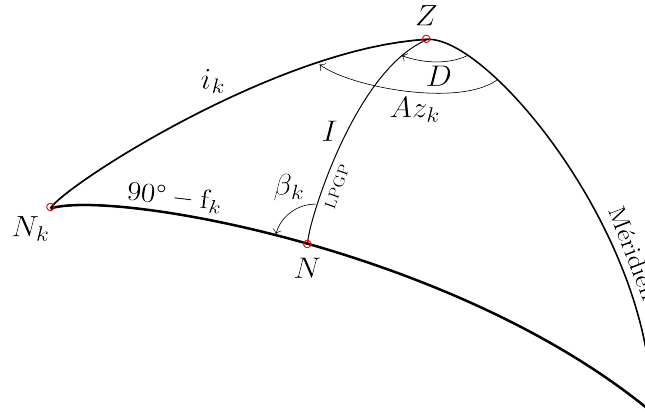


Figure 1 : Correspondance entre les paires $(Az_k; i_k)$ et $(\beta_k; f_k)$ dans le triangle sphérique ZNN_k . Z est le zénith du lieu, N est la normale au plan incliné déclinant et N_k l'extrémité du style oblique F_k .

$$\tan\left(\frac{\beta_k - N_k}{2}\right) = \cot\left(\frac{Az_k - D}{2}\right) \frac{\sin\left(\frac{i_k - I}{2}\right)}{\sin\left(\frac{i_k + I}{2}\right)}, \quad \tan\left(\frac{\beta_k + N_k}{2}\right) = \cot\left(\frac{Az_k - D}{2}\right) \frac{\cos\left(\frac{i_k - I}{2}\right)}{\cos\left(\frac{i_k + I}{2}\right)}$$

Puis, par simple addition après extraction des angles, on accède à l'angle β_k . On peut proposer la relation suivante qui calcule directement cet angle :

$$\beta_k = \arctan\left[\cot\left(\frac{Az_k - D}{2}\right) \frac{\sin\left(\frac{i_k - I}{2}\right)}{\sin\left(\frac{i_k + I}{2}\right)}\right] + \arctan\left[\cot\left(\frac{Az_k - D}{2}\right) \frac{\cos\left(\frac{i_k - I}{2}\right)}{\cos\left(\frac{i_k + I}{2}\right)}\right] \quad (1)$$

Le calcul de l'angle f_k s'obtient en appliquant le théorème du cosinus dans le même triangle sphérique ZNN_k . On a, là aussi sans aucune ambiguïté d'angle ($0 \leq f_k \leq 90^\circ$) :

$$\sin(f_k) = \cos(i_k) \cos(I) + \sin(i_k) \sin(I) \cos(Az_k - D) \quad (2)$$

A partir de ces relations, on peut installer sans trop de difficultés⁶, chacun des styles au-dessus du plan incliné déclinant. Pour des exemples numériques, voir ceux du paragraphe 2-d.

a-2) Remarque importante sur l'orientation des styles obliques (M. Mercier) :

⁶ C'est vraiment relatif... Un triangle rectangle dont l'hypoténuse est le style oblique, puis un des côtés de l'angle droit le style droit associé, avec le dernier côté (la sous-stylaire) posé sur le plan incliné déclinant, donne une bonne idée d'un style oblique dans ce système bifilaire.

Dans *Cadran-Info* n°28, nous avons proposé une approche beaucoup plus empirique du tracé de la table d'un cadran bifilaire incliné déclinant, ainsi qu'un logiciel de dessin : « *Hugo.0.4c* ». La nomenclature de description angulaire des gnomons filaires utilisée dans ce logiciel n'est cohérente ni avec les règles classiques de la gnomonique, ni avec l'outil informatique proposé ici (à l'époque nous avons choisi de privilégier la cohérence avec une version précédente du logiciel qui ne traitait que des cadrans bifilaires horizontaux). Dans « *Hugo.0.4c* », la géométrie des gnomons filaires est définie par rapport (1) à la normale de la table et (2) à la ligne de plus grande pente. L'affinité avec (β) et (f) (cf. fig. 3) est dès lors évidente. Les équivalences sont données dans le tableau suivant :

Fichier Excel : « <i>PID_bifilaire qcq_2013.xls</i> »	Logiciel <i>Hugo.0.4c</i>
Il faut calculer β_k	Il faut saisir $Az_k^{Hugo} = -\beta_k$
Il faut calculer f_k	Il faut saisir $i_k^{Hugo} = \overline{f}_k$ ⁷

Il va de soit que si l'on démarre l'étude d'un cadran avec les azimuth et distance zénithale de chaque gnomon filaire, il faut d'abord calculer, pour chacun d'eux, les angles β et f , ensuite les convertir selon cette règle, puis les introduire comme paramètre d'entrée dans le logiciel « *Hugo.0.4c* » pour produire le bon dessin du cadran⁸.

Avant de proposer des exemples d'application, pour ensuite poursuivre la démonstration des deux propositions et du corollaire, on donne les relations de passage entre les paramètres angulaires utilisés par le logiciel « *Hugo.0.4c* » (paramètres in-situ) et les paramètres angulaires classiques des styles. De la sorte, on peut passer de l'un à l'autre en toute transparence (cf. fig. 1) et ainsi comparer les tracés avec d'autres logiciels.

$$(a) \quad \cos(i_k) = \cos(I) \cos(i_k^{Hugo}) + \sin(I) \sin(i_k^{Hugo}) \cos(-Az_k^{Hugo})$$

$$(b) \quad Az_k = D + \arctan \left[\cot \left(\frac{-Az_k^{Hugo}}{2} \right) \frac{\cos \left(\frac{I - i_k^{Hugo}}{2} \right)}{\cos \left(\frac{I + i_k^{Hugo}}{2} \right)} \right] - \arctan \left[\cot \left(\frac{-Az_k^{Hugo}}{2} \right) \frac{\sin \left(\frac{I - i_k^{Hugo}}{2} \right)}{\sin \left(\frac{I + i_k^{Hugo}}{2} \right)} \right]$$

Exemples numériques

ex. 1) Considérons un plan incliné déclinant (cf. fig. 5, cadran n°1) à la latitude de Nice ($\phi = 43^\circ 43' N.$) tel que $D = +36^\circ$ et $I = 63^\circ 26' 05,815''$, puis deux styles installés au-dessus de ce plan, tels que, pour le premier : $(Az_l ; i_l) = (125^\circ ; 15^\circ)$, et pour le deuxième :

⁷ $\overline{f}_k = 90^\circ - f_k$

⁸ Les notations utilisées dans le logiciel « *Hugo.0.4c* » : Az_k et i_k , ne sont pas vraiment appropriées pour le plan incliné déclinant, car elles n'ont pas le même sens que les Az_k et i_k utilisés pour les fils dans l'étude gnomonique proposée ici. L'équivalence ne vaut que lorsque le plan du cadran est horizontal. Il faudra donc éviter cette confusion dans les angles des gnomons lorsqu'on se servira du logiciel pour tracer un bifilaire incliné déclinant.

$(Az_2; i_2) = (-120^\circ ; 0^\circ)^9$. Les valeurs à saisir dans le logiciel « *Hugo.0.4c* » pour obtenir un tracé correct du cadran seront par conséquent :

Fil 1	Logiciel <i>Hugo.0.4c</i>	Fil 2	Logiciel <i>Hugo.0.4c</i>
$\beta_1 = 16^\circ,71$	$Az_1 = -16^\circ,71$	$\beta_2 = 0^\circ$	$Az_2 = 0^\circ$
$f_1 = 25^\circ,85$	$i_1 = 64^\circ,15$	$f_2 = 26^\circ,57$	$i_2 = 63^\circ,43$

ex. 2) Proposons un problème inverse : retrouver les caractéristiques classiques des gnomons lorsqu'on connaît celles qui ont été utilisées sous « *Hugo.0.4c* ». Par exemple, le cadran numéro N de la figure 8 de la précédente étude (cf. Mercier & Collin, *op. cit.*, p. 112) a comme caractéristique pour le logiciel « *Hugo.0.4c* » :

	<i>D</i>	<i>I</i>	Az_1	Az_2	i_1	i_2	x_{20}	y_{20}
Fig. 8-N	35°	45°	-220°	120°	45°	15°	50	-150

(voir note n°8)

Quels sont alors les paramètres angulaires classiques $(Az_k; i_k)$ de chacun des fils ?

Solution :

On utilise directement les relations (a) et (b). On a donc (les décimales sont superflues et servent de vérification) :

	<i>D</i>	<i>I</i>	Az_1	Az_2	i_1	i_2	x_{20}	y_{20}
Fig. 8-N	35°	45°	7°,76369°	18°,85969	83°,28229	53°,73602	50	-150

Ce sont ces valeurs qu'il faut utiliser par exemple sous *Povray* ou dans le tableur Excel « *PID_bifilaire qcq_2013.xls* », si l'on veut reproduire fidèlement le tracé effectué par le logiciel « *Hugo.0.4c* ». On se rend bien compte qu'il sera assez difficile pour le gnomoniste de les utiliser tel quel sur le terrain pour positionner les styles... On trouvera en figure 10 une reproduction du tracé. Revenons-en maintenant au fil conducteur de notre preuve des propositions.

b) Coordonnées de l'extrémité de l'ombre d'un style oblique dans un plan incliné déclinant

Examinons la figure 2 ci-après. On considère dans le plan incliné déclinant le repère $M_{10}oxy$ dans lequel M_{10} , pris pour origine, est le pied du premier gnomon, $M_{10}ox$ l'axe horizontal, perpendiculaire à la ligne de plus grande pente et orienté vers la droite pour un observateur regardant le cadran, et enfin $M_{10}oy$ l'axe des ordonnées, orienté le long de la ligne de plus grande pente vers le haut. Les segments $[M_{k0}P_k]$ sont les ombres des styles obliques. Les segments $[O_kP_k]$ sont les ombres des styles droits associés aux styles obliques. Et enfin les segments $[M_{k0}O_k]$ sont les sous-stylaires de position angulaire β_k .

Pour simplifier les écritures, prenons un indice quelconque k . On détermine les coordonnées de l'extrémité P_k de l'ombre $[M_{k0}P_k]$ d'un style F_k à partir des expressions suivantes :

⁹ L'azimut du deuxième gnomon importe peu puisqu'il est vertical ($i_2=0^\circ$).

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{k0} \\ y_{k0} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -l_k \cos f_k \sin \beta_k \\ l_k \cos f_k \cos \beta_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} l_k \sin f_k \frac{\sin \psi}{\tan \bar{\xi}} \\ -l_k \sin f_k \frac{\cos \psi}{\tan \bar{\xi}} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Les angles psi et zêta seront explicités un peu plus loin. l_k est la longueur du style oblique n°k. Il est clair que le point P recherché est à l'intersection des segments $[M_{10}P_1]$ et $[M_{20}P_2]$. Ces segments ont respectivement pour équation : $y=m_1x+ p_1$ et $y=m_2x+ p_2$. Les coefficients directeurs étant :

$$m_k = \frac{\cos f_k \cos \beta_k - \sin f_k \frac{\cos \psi}{\tan \bar{\xi}}}{\sin f_k \frac{\sin \psi}{\tan \bar{\xi}} - \cos f_k \sin \beta_k} \quad (4)$$

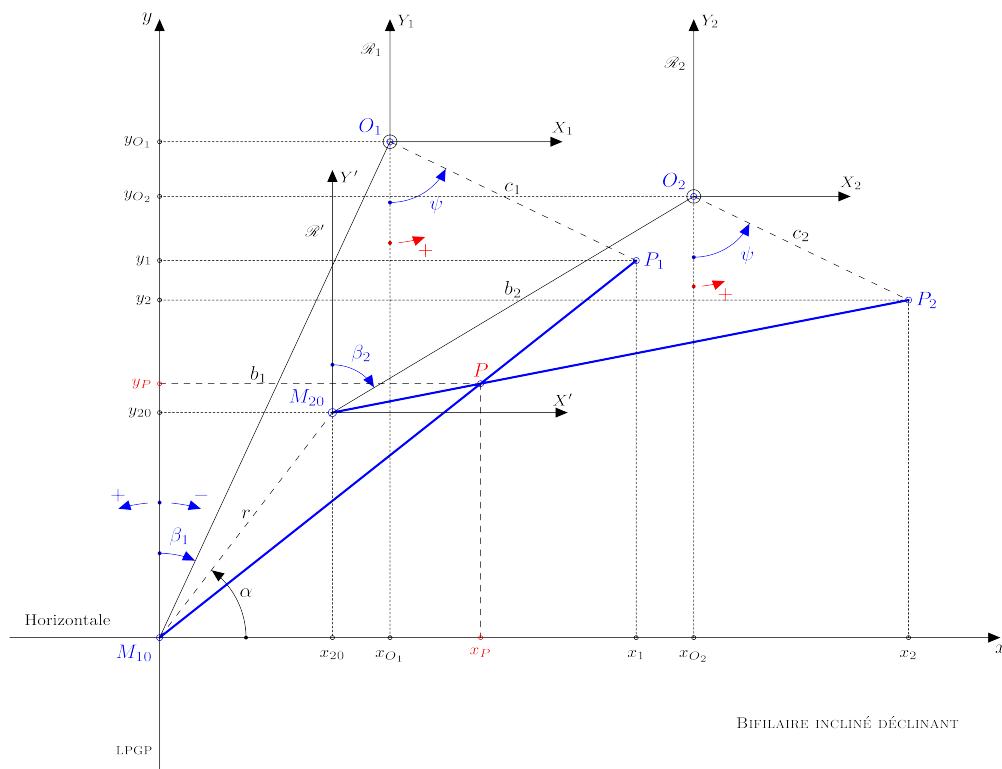


Figure 2 : Géométrie des principaux éléments du bifilaire dans le plan incliné déclinant.

Les ordonnées à l'origine des droites sont :

$$p_1=0 \text{ et } p_2=y_{20}-m_2x_{20} \quad (5)$$

Le point $P(x_p; y_p)$ est alors solution d'un système de deux équations à deux inconnues :

$$\begin{cases} m_1 x - y = 0 \\ m_2 x - y = -p_2 \end{cases},$$

qui admet pour unique solution le couple de coordonnées :

$$\begin{cases} x_P = \frac{m_2 x_{20} - y_{20}}{m_2 - m_1} \\ y_P = m_1 x_P \end{cases} \quad (6)$$

à la condition expresse que $m_2 - m_1 \neq 0$.

Les relations (4) et (6) permettent de calculer les coordonnées du point d'intersection des ombres des deux fils. On trouvera des exemples numériques au paragraphe 3, en particulier à angle horaire constant, nécessaires pour des besoins de vérification sur la nature et le genre des lignes horaires (*cf. infra*). Reste à déterminer les angles psi et zêta. Ils jouent le même rôle que l'azimut et la hauteur du soleil dans le repère topographique¹⁰. Bien que ces angles se retrouvent dans bien des études de gnomonique, leur calcul fait l'objet du paragraphe suivant.

c) Angles zêta et psi relatifs au style droit dans un PID¹¹

On se référera aux figures 3 et 4 ci-dessous qui sont suffisamment explicites.

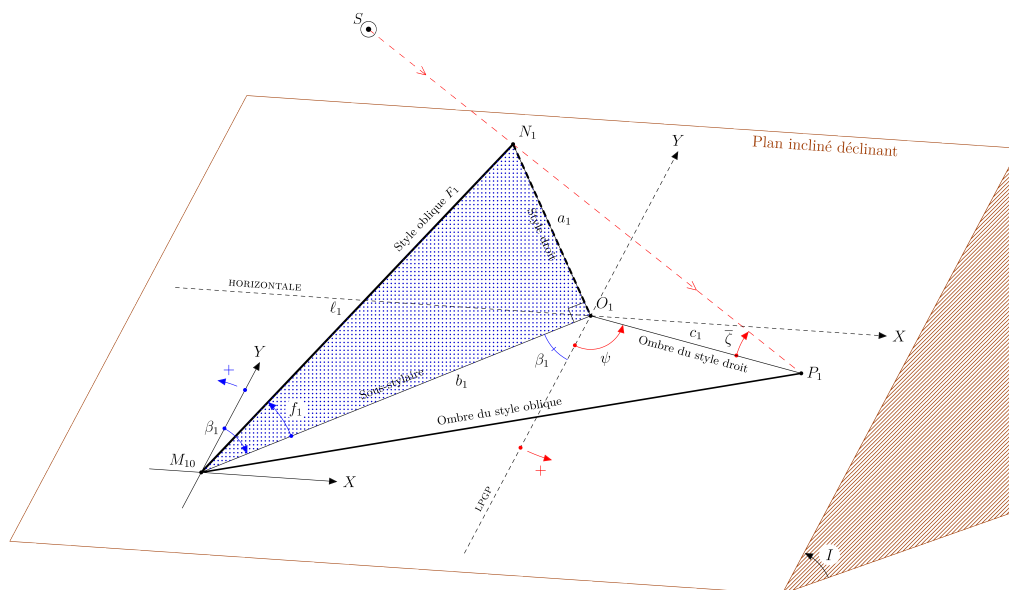


Figure 3. Exemple de configuration du gnomon F_1 et position de l'ombre du style droit dans le plan du cadran. Le style oblique F_2 donnerait une même configuration avec M_{20} comme point d'implantation.

¹⁰ Dans le repère topographique, Ox' =Est, Oy' =Nord et Oz' =Zénith du lieu.

¹¹ Voir aussi avec un intérêt certain : D. Savoie, « Plan incliné et déclinant », Cadran-Info n°9, mai 2004.

ζ (zêta) est l'angle entre la direction du style droit et le rayon du soleil. Identique pour les deux styles droits associés aux styles obliques, il se détermine sans ambiguïté à partir de la formule :

$$\cos \zeta = \cos I \sin h + \sin I \cos h \cos(Az - D) \tag{7}$$

L'angle réellement utilisé est $\bar{\zeta}$, hauteur du soleil au-dessus du plan incliné déclinant. L'intersection des ombres des styles obliques aura une signification gnomonique si et seulement si $0^\circ < \bar{\zeta} < 90^\circ$ – bien entendu, ce n'est pas le seul critère qui permet d'éliminer les intersections aberrantes dans le tracé par logiciel – cf. Mercier & Collin, *op. cit.*, §3, p. 105-106.

ψ (psi) est l'angle fait par l'ombre du style droit associé au style oblique avec la ligne de plus grande pente. De centre O_k , il est mesuré depuis le plus bas de la ligne de plus grande pente (cf. fig. 2 et 3), et est compté positivement dans le sens trigonométrique. Il se détermine sans aucune ambiguïté à partir des analogies de Néper.

$$\psi = \arctan \left[\cot \left(\frac{Az - D}{2} \right) \frac{\cos \left(\frac{I - \bar{h}}{2} \right)}{\cos \left(\frac{I + \bar{h}}{2} \right)} \right] - \arctan \left[\cot \left(\frac{Az - D}{2} \right) \frac{\sin \left(\frac{I - \bar{h}}{2} \right)}{\sin \left(\frac{I + \bar{h}}{2} \right)} \right] \tag{8}$$

(avec $\bar{h} = 90^\circ - h$).

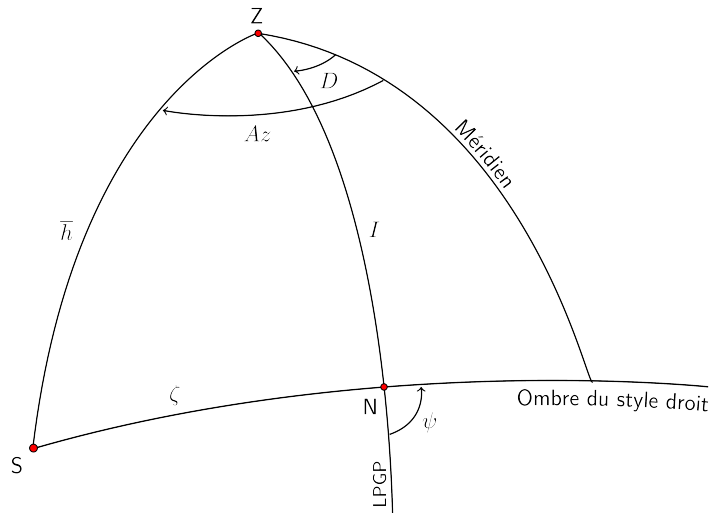


Figure 4. Définition des angles psi et zêta dans le triangle sphérique de position ZSN.

d) Exemples numériques

Considérons le plan incliné déclinant à la latitude $\phi = 43^\circ 43' N$. de l'exemple 1 précédent (cf. fig. 5). Les fils ont les mêmes caractéristiques. Quelles sont les coordonnées $(x_p; y_p)$ du point d'intersection des ombres produit par les deux fils au solstice d'hiver à 15 h de temps vrai ?

Solution : (les décimales sont volontairement augmentées à des fins de vérification)

On calcule d'abord les angles β_k et f_k positionnant chaque style au-dessus du plan :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 16^\circ,71147 & \beta_2 &= 0^\circ \\ f_1 &= 25^\circ,84992 & f_2 &= 26^\circ,56505. \end{aligned}$$

Puis, on a successivement :

$$\begin{aligned} \delta &= -23^\circ 26' & AH &= 45^\circ \\ h &= 11^\circ,19136 & Az &= 41^\circ,40392 \\ \bar{\zeta} &= 73^\circ,80490 & \psi &= 160^\circ,65598 & (\text{on vérifie bien que } 0^\circ < \bar{\zeta} < 90^\circ) \\ m_1 &= -4,52612 & m_2 &= 23,63786 \\ x_p &= -41,60963 & y_p &= 188,33028 \end{aligned}$$

Au solstice d'été à 17 h de temps vrai, on aura :

$$\begin{aligned} \delta &= 23^\circ 26' & AH &= 75^\circ \\ h &= 26^\circ,51756 & Az &= 97^\circ,92135 \\ \bar{\zeta} &= 35^\circ,19568 & \psi &= 75^\circ,03762 & (\text{on vérifie bien que } 0^\circ < \bar{\zeta} < 90^\circ) \\ m_1 &= 2,07511 & m_2 &= 1,19288 \\ x_p &= 56,27082 & y_p &= 116,76815 \end{aligned}$$

3. Nature des lignes horaires au cas par cas – Exemples numériques.

On propose un certain nombre d'exemples numériques pour illustrer les propositions énoncées sur les lignes horaires. On a choisi la latitude de Nice : $\phi = 43^\circ 43' N.$, sans considération de longitude ($\lambda=0$) ou de fuseau horaire. Les plans inclinés et déclinants sont ceux d'un dodécaèdre posé sur une face et orienté de telle façon qu'une des faces inclinées soit plein nord avec une arête placée dans le plan méridien. Les paramètres de chaque face sont inscrites sur les figures. Les résultats des calculs sur des lignes horaires choisies comme on veut sont regroupés dans les tableaux ci-dessous. Pour chaque ligne horaire, les points sont pris dans l'ordre des déclinaisons croissantes. On rappelle que le critère n°1 est une application du théorème de Pascal sur les sections coniques. Sa mise en œuvre a déjà été décrite (D. Collin, *op. cit.*, p. 30-34). Le critère n°2, qui a le même but que le critère n°1, est issu quand à lui de la géométrie projective et peut être considéré comme un peu plus sophistiqué, et plus simple à mettre en œuvre¹². Enfin, la dernière colonne de chaque tableau donne le genre de la ligne horaire. Tous ces résultats sont extraits des fichiers du tableur *Excel* prévus à cet effet¹³ ; le fichier *Povray* fourni par M. Baillet donne les mêmes résultats pour chacun des cadrans (et on rappelle qu'il n'y a aucune formule de calcul de coordonnées dans le programme 3D). Les propositions [1] et [2] sont ainsi largement *vérifiées*.

¹² D'après une suggestion de M. Mercier, on a plutôt considéré la différence relative des produits des déterminants, à savoir : $diff = \frac{[a, d, e][b, c, e][a, b, f][c, d, f] - [a, b, e][c, d, e][a, d, f][b, c, f]}{[a, d, e][b, c, e][a, b, f][c, d, f]}$. Elle doit

tendre vers zéro lorsque la ligne horaire étudiée est une conique. Voir à ce sujet la feuille nommée « *Théorème de conicité* », du classeur excel : *TheoremeConique_CI29_v2*. Cet ajout constitue la révision n°2 du fichier qui se trouve en annexe à *Cadran-Info* (version CD-Rom).

¹³ Le fichier Excel « *PID_bifilaire qcq_2013.xls* » se trouve également en annexe à *Cadran-Info*.

Cadran 1 (Fig. 5).

Ligne de 11 h :

n°	Coordonnées des points ¹⁴		Critère 1	Critère 2	Genre
	x_i	y_i			
M ₁	-143,407114897	136,884111924	$\mu_1 = 1,03172321$ $\mu_2 = 1,03172321$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 2 \times 10^{-13}$	Hyperbole
M ₂	-142,952545388	134,261774544			
M ₃	-142,499402066	131,616084503			
M ₄	-142,047750196	128,944470692			
M ₅	-141,597715534	126,244265767			
M ₆	-141,149495432	123,512694512			

Ligne de 12 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x_i	y_i			
M ₁	-100,39986336647	145,11482861202	$\mu_1 = 1,06074344$ $\mu_2 = 1,06010030$ $\mu_1 \approx \mu_2$	$diff = 0$	Hyperbole
M ₂	-99,72828613794	143,04792644710			
M ₃	-99,05248840599	140,96803490841			
M ₄	-98,37185929459	138,87327391279			
M ₅	-97,68577101292	136,76171131888			
M ₆	-96,99357644302	134,63135550233			

Ligne de 17 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x_i	y_i			
M ₁	13,9937163851	192,8238991411	$\mu_1 = 1,20478109$ $\mu_2 = 1,20478109$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 1,3 \times 10^{-10}$	Hyperbole
M ₂	21,7542830889	180,1900682803			
M ₃	29,6947588311	166,8765157039			
M ₄	38,0032477999	152,3782447636			
M ₅	46,8457907804	136,0124676321			
M ₆	56,2708185517	116,7681528087			

Cadran 2 (Fig. 6)

Ligne de 12 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x_i	y_i			
M ₁	-175,299566366122	-266,295809967316		$diff \approx 3,8 \times 10^{-12}$	Hyperbole
M ₂	-125,744434308990	-235,387763361944			

¹⁴ Le nombre de décimales est volontairement exagéré...

M ₃	-103,480042620125	-222,337168051732			
M ₄	-84,746577671620	-211,934164206405			
M ₅	-79,104031636651	-208,926945962438			
M ₆	-73,712855062984	-206,115778394344			

Ligne de 13 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x _i	y _i			
M ₁	-107,6566364397	-116,7639505605	$\mu_1 = 0,81517326$ $\mu_2 = 0,81517326$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx -2,9 \times 10^{-10}$	Hyperbole
M ₂	-88,1857343227	-116,2243483341			
M ₃	-77,9555743244	-116,2343265163			
M ₄	-65,4950169537	-116,5629263479			
M ₅	-59,6482666265	-116,8487215322			
M ₆	-52,6569237981	-117,3097844296			

Ligne de 16 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x _i	y _i			
M ₁	-47,0159227960	-12,5694917878		$diff \approx 3,7 \times 10^{-10}$	Hyperbole
M ₂	-42,2669019784	-17,5601221189			
M ₃	-38,2141159749	-21,6362757682			
M ₄	-33,9139049974	-25,8286128765			
M ₅	-29,3278091906	-30,1842311196			
M ₆	-25,6679126963	-33,5917884097			

Cadran 3 (Fig. 7)

Ligne de 10 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x _i	y _i			
M ₁	213,3859992765	-442,3298689855	$\mu_1 = 0,79980733$ $\mu_2 = 0,79980733$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx -3,9 \times 10^{-10}$	Hyperbole
M ₂	140,5525254469	-310,5913384340			
M ₃	102,0641602641	-241,1025611327			
M ₄	78,2155398519	-198,1447698519			
M ₅	61,9564592667	-168,9387210160			
M ₆	50,1380239551	-147,7769106049			

Ligne de 12 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x _i	y _i			

M ₁	-15,137900796265	-1097,738461738920	$\mu_1 = 0,76958236$ $\mu_2 = 0,76958236$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 5,1 \times 10^{-12}$	Hyperbole
M ₂	-15,297945768555	-513,447324417666			
M ₃	-15,455439449447	-339,352233720936			
M ₄	-15,610536095670	-255,685719589571			
M ₅	-15,763382424431	-206,493913403707			
M ₆	-15,978814952992	-163,246535048922			

Ligne de 14 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x _i	y _i			
M ₁	-124,9316677359	-216,7847576439	$\mu_1 = 0,79980733$ $\mu_2 = 0,79980733$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 1,2 \times 10^{-9}$	Hyperbole
M ₂	-91,4957131364	-155,8925127119			
M ₃	-73,9296148668	-123,7733777121			
M ₄	-63,1255037898	-103,9174074241			
M ₅	-55,8249613590	-90,4177739322			
M ₆	-50,5728138464	-80,6363520706			

Cadran 4 (Fig. 8)

Ligne de 7 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x _i	y _i			
M ₁	12,9997552153	-11,0556709924	$\mu_1 = 1,06776821$ $\mu_2 = 1,06776821$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 1,5 \times 10^{-10}$	Hyperbole
M ₂	12,0041452381	-15,4936282983			
M ₃	9,8743760493	-22,4536216437			
M ₄	7,8417728754	-28,0844883379			
M ₅	4,7651323965	-35,8233040823			
M ₆	-1,6040423092	-50,4593568891			

Ligne de 11 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x _i	y _i			
M ₁	299,8215428283	-156,9437130811	$\mu_1 = 0,78617794$ $\mu_2 = 0,78617794$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx -2,6 \times 10^{-12}$	Hyperbole
M ₂	146,8113512900	-137,0240799718			
M ₃	104,4604603933	-136,7499472645			
M ₄	80,2237457854	-139,3257073209			
M ₅	40,4502330908	-151,4338154752			
M ₆	33,2317341492	-155,1279352438			

Ligne de 12 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x_i	y_i			
M ₁	180,575012569614	-308,469425557491	$\mu_1 = 1,06344297$ $\mu_2 = 1,06344297$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 1,2 \times 10^{-13}$	Hyperbole
M ₂	144,323932821130	-288,063915005486			
M ₃	125,146068066643	-278,227985560504			
M ₄	101,361188591465	-267,356758544338			
M ₅	70,3039932574190	-256,373983277163			
M ₆	54,9273647735230	-252,851710928197			

Cadran 5 (Fig. 9)

Ligne de 6 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x_i	y_i			
M ₁	-137,1641286478	-20	$\mu_1 = 0,74780370$ $\mu_2 = 0,74780370$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 7,4 \times 10^{-12}$	Hyperbole
M ₂	-145,7029892732	-38,1588869001			
M ₃	-145,9482341635	-49,9331052831			
M ₄	-141,2819914345	-53,8382615345			
M ₅	-134,7068815132	-54,7995187259			
M ₆	-129,8352151769	-54,4839486392			

Ligne de 9 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x_i	y_i			
M ₁	-20,9274999300	-43,6075837397	$\mu_1 = 0,89299027$ $\mu_2 = 0,89299027$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 1,6 \times 10^{-9}$	Hyperbole
M ₂	-28,3074514544	-57,3548963950			
M ₃	-35,6310395670	-70,9474621333			
M ₄	-50,1039250377	-97,7386122402			
M ₅	-60,4606820834	-116,8803219248			
M ₆	-67,9726704613	-130,7553449165			

Ligne de 12 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x_i	y_i			
M ₁	46,357632900643	-68,318340697959	$\mu_1 = 0,86129276$ $\mu_2 = 0,86129276$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx 4,6 \times 10^{-13}$	Hyperbole
M ₂	42,844218682741	-81,799973184108			
M ₃	33,909890577420	-113,948759435239			
M ₄	30,295135964501	-126,443481088518			

M ₅	20,868513290009	-158,232475909105			
M ₆	16,668031002907	-172,136734257948			

Ligne de 14 h :

n°	Coordonnées des points		Critère 1	Critère 2	Genre
	x _i	y _i			
M ₁	141,0073501479	-80,5013378966	$\mu_1 = 0,7843088$ $\mu_2 = 0,7843088$ $\mu_1 = \mu_2$	$diff \approx -4,2 \times 10^{-11}$	Hyperbole
M ₂	141,8410180309	-119,8883430243			
M ₃	141,6288998243	-164,1477562218			
M ₄	140,0701696918	-231,5333686868			
M ₅	138,8539615031	-268,1347144531			
M ₆	138,2343633257	-284,9803449967			

Conclusion.

Pour déterminer la nature des lignes horaires dans un cadran solaire bifilaire inclinée déclinant, il a été nécessaire d'élaborer une théorie de ce cadran. Le formulaire *hac doc* obtenu est relativement simple en l'absence de toute question de réelle existence des intersections des ombres des gnomons filaires. D'ailleurs cette question de l'existence du point d'ombre utile dans un bifilaire pourrait tout à fait faire l'objet d'une étude spécifique. En excluant les cas particuliers de fils horizontaux (que le formulaire ne peut traiter), les critères sur les coniques appliqués aux exemples, pris ici sur les faces d'un dodécaèdre, permettent parfaitement de bien *démontrer, pour ceux-ci*, que les lignes horaires sont des sections coniques, de genre hyperbole. Par extension (en prenant donc des risques en généralisant), on admet que cela reste vrai pour tout cadran plan, en excluant des configurations très précises des fils et du plan. Dès que les styles ont un point commun, le bifilaire redevient un cadran classique avec un éventail horaire rectiligne et convergent. La désolidarisation du style polaire ou droit, en deux styles rectilignes en position quelconque au-dessus du cadran, engendre des lignes horaires qui sont des branches d'hyperboles. Cependant, la ligne de midi fait parfois exception (comme cela avait déjà bien été remarqué sur les cadrans horizontaux) tout comme les lignes horaires du cadran bifilaire de M. Rouxel (*op. cit.*), lequel utilise une configuration particulière des fils et du plan (dont on sait qu'elle est unique) – les lignes horaires sont parallèles¹⁵. On ne peut donc pas dire en toute rigueur que notre conjecture – propositions [1] et [2] et son corollaire – sont entièrement démontrés¹⁶ même si l'on a déterminé *tous* les cas où elle n'est pas vraie.

Le désir d'une autre approche est toujours présent à l'esprit et il ne fait plus de doute qu'elle permettrait de comprendre comment et pourquoi les lignes horaires présentent une telle particularité pour des configurations spatiales très variées des fils au-dessus de n'importe quelle surface plane inclinée déclinante.

¹⁵ La recherche de lignes horaires parallèles dans les cadrans bifilaires plans est un autre type de préoccupation dans la théorie des bifilaires. Pour en savoir davantage sur les dernières avancées, voir B. Rouxel, « *Some new bifilar sundials* », The Compendium, NASS, décembre 2013, Vol. 20, n°4, pp. 20-24.

¹⁶ Elle est démontrée pour les plans horizontaux seulement.

Planches

Lignes horaires dans les cadrans solaires bifilaires inclinés déclinants

Figure 5. **Cadran 1.**

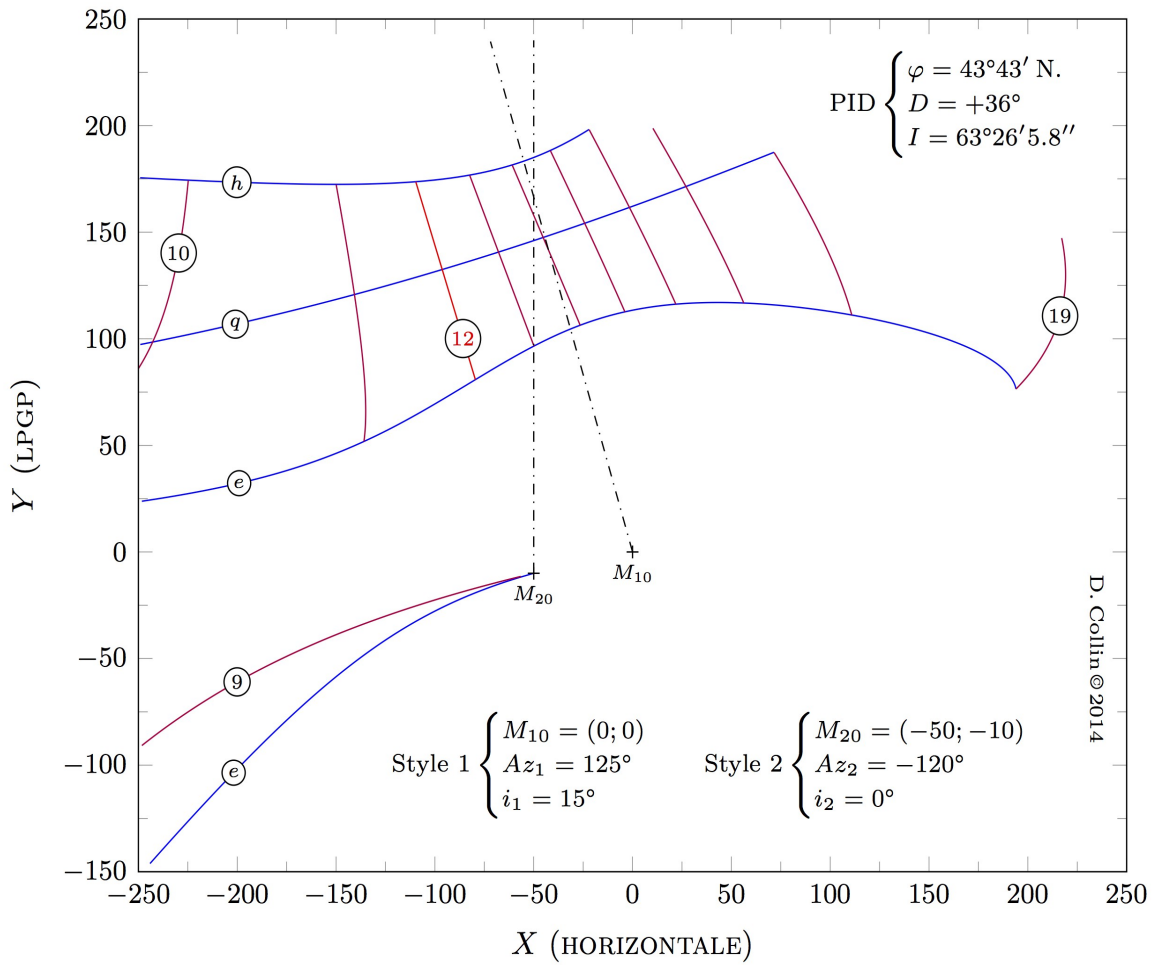


Figure 6. *Cadran 2.*

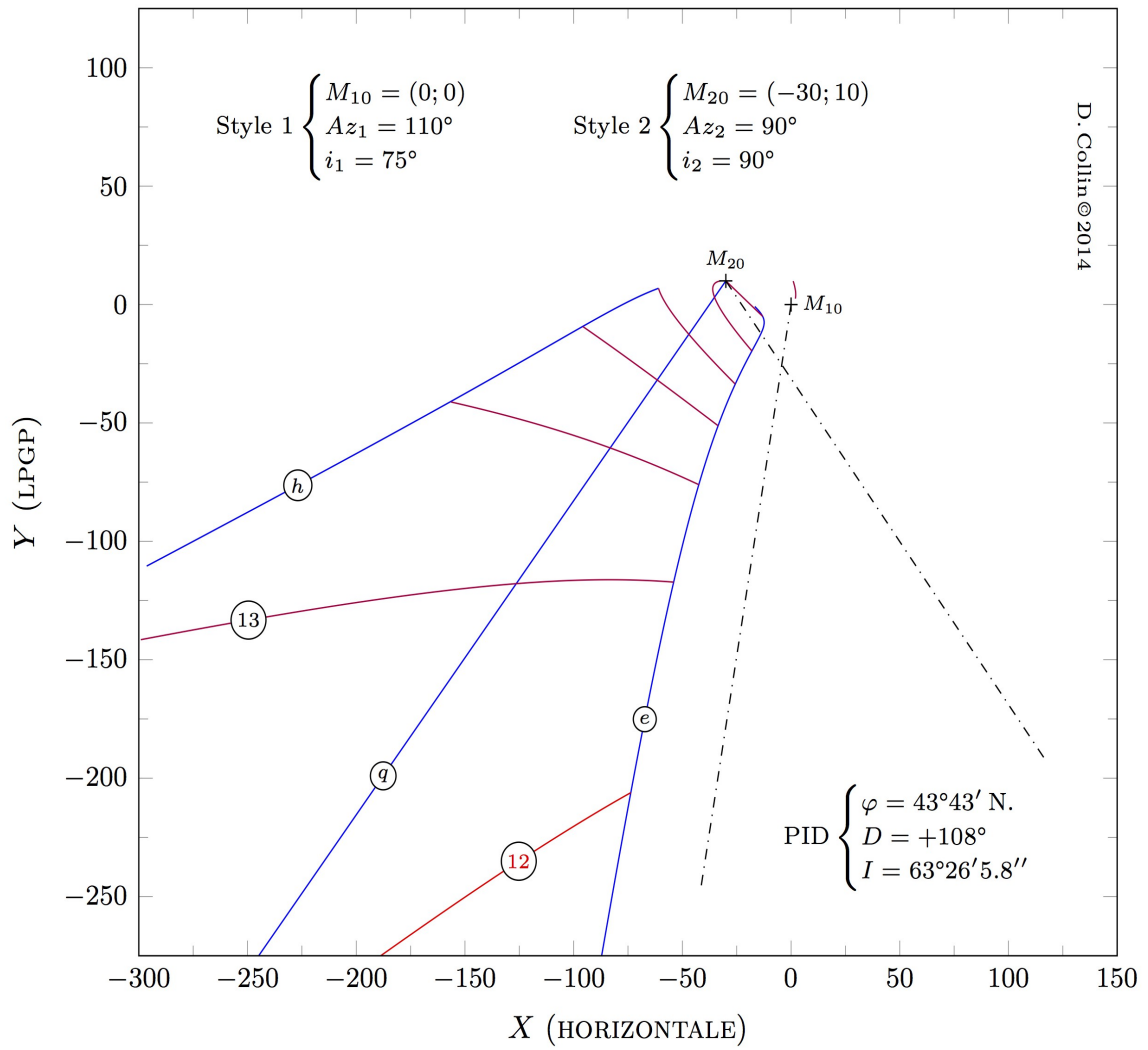


Figure 7. **Cadran 3.**

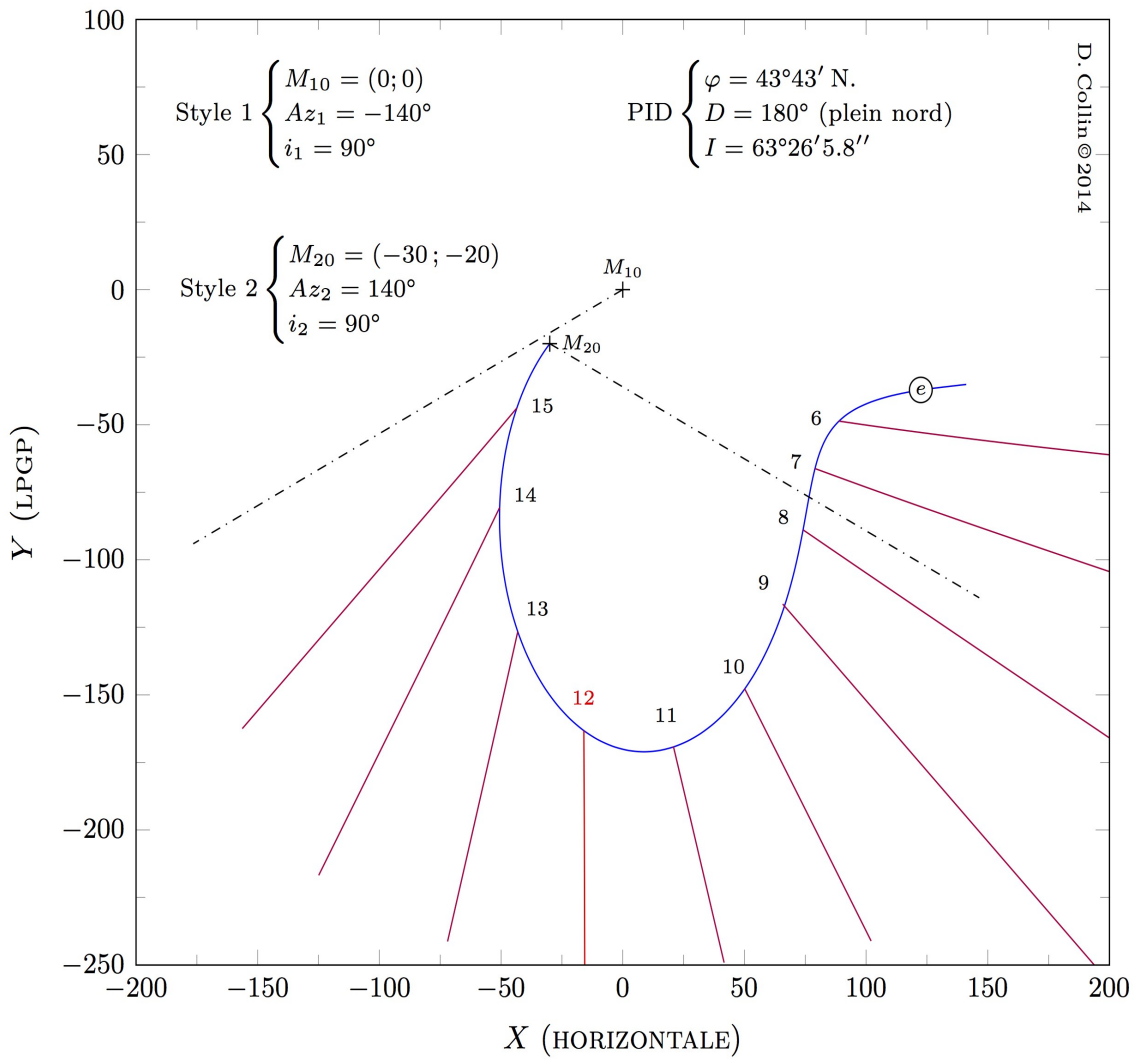


Figure 8. *Cadran 4.*

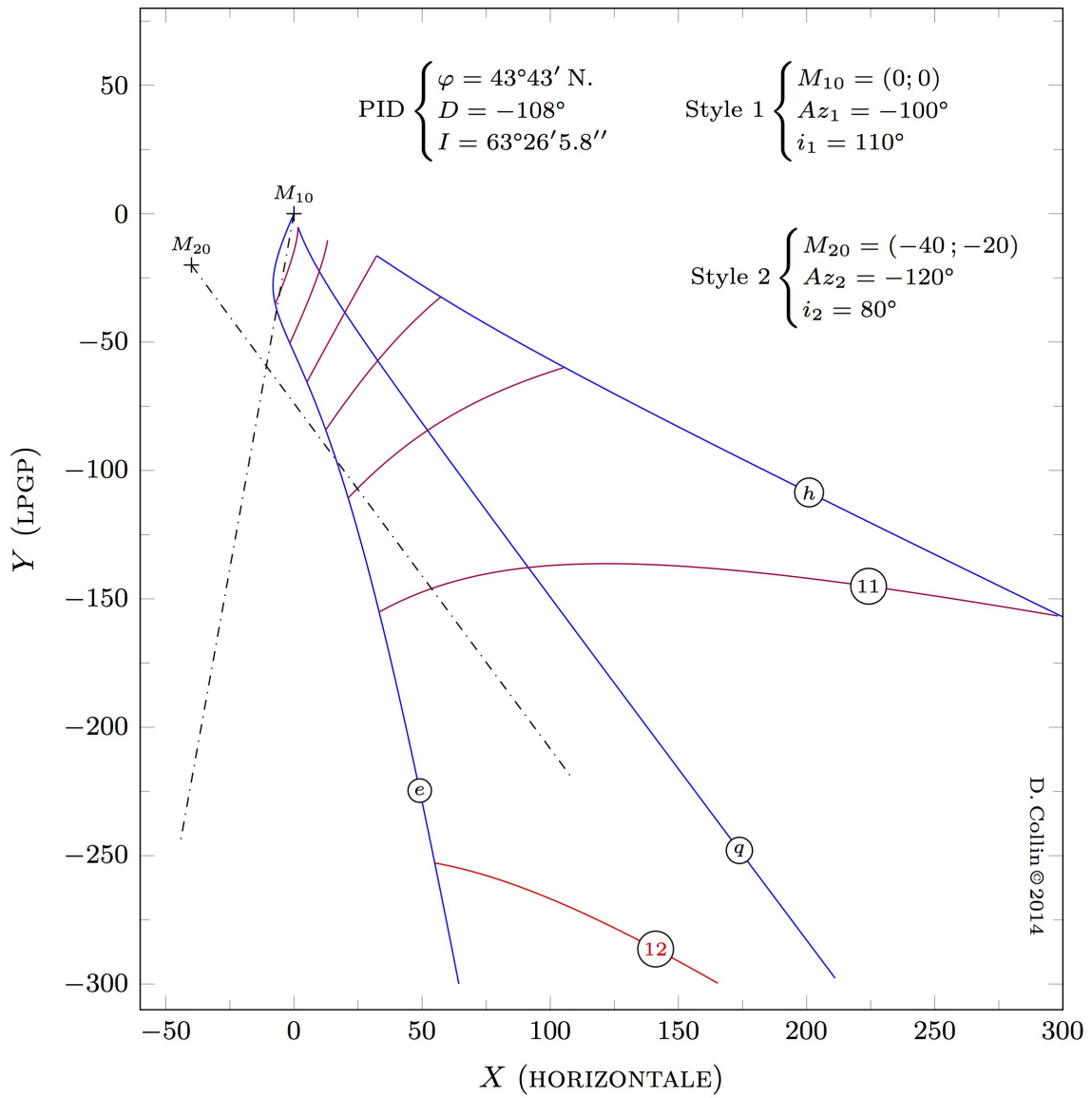


Figure 9. *Cadran 5.*

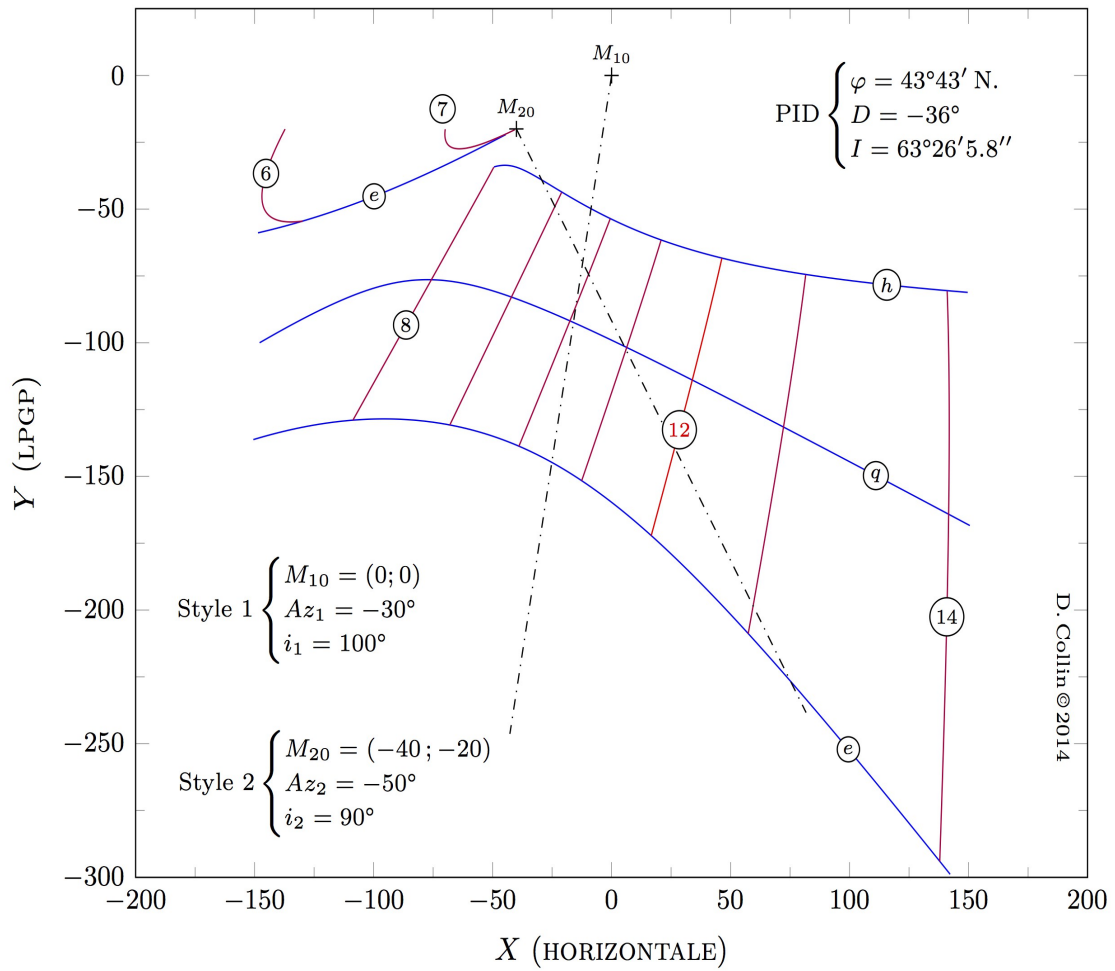
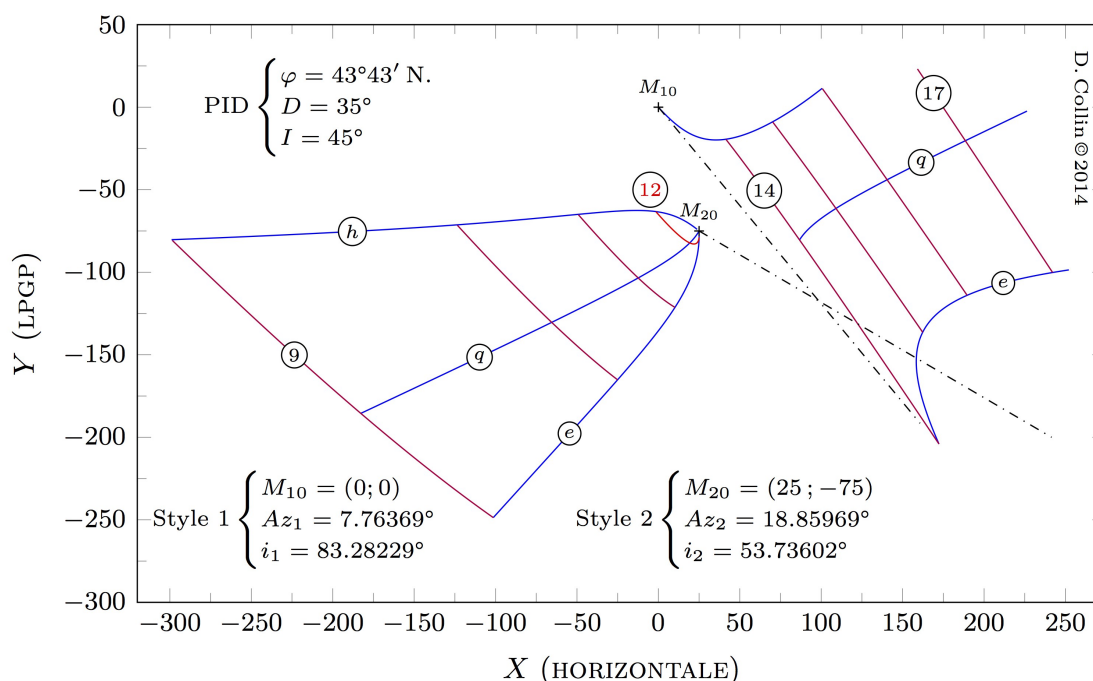


Tableau des caractéristiques des cadrans inclinés déclinants n°1 à 5

N°	Plan du cadran		Fil 1		Fil 2			
	Déclinaison (D)	Distance zénithale (I)	Az ₁	i ₁	Origine (x ₁₀ ; y ₁₀)	Az ₂	i ₂	Origine (x ₂₀ ; y ₂₀)
Cadran 1	+36°	63° 26' 5.8"	+125°	15°	(0 ; 0)	-120°	0°	(-50 ; -10)
Cadran 2	+108°	63° 26' 5.8"	+110°	75°	(0 ; 0)	+90°	90°	(-30 ; 10)
Cadran 3	180°	63° 26' 5.8"	-140°	90°	(0 ; 0)	+140°	90°	(-30 ; -20)
Cadran 4	-108	63° 26' 5.8"	-100°	110°	(0 ; 0)	-120°	80°	(-40 ; -20)
Cadran 5	-36°	63° 26' 5.8"	-30°	100°	(0 ; 0)	-50°	90°	(-40 ; -20)

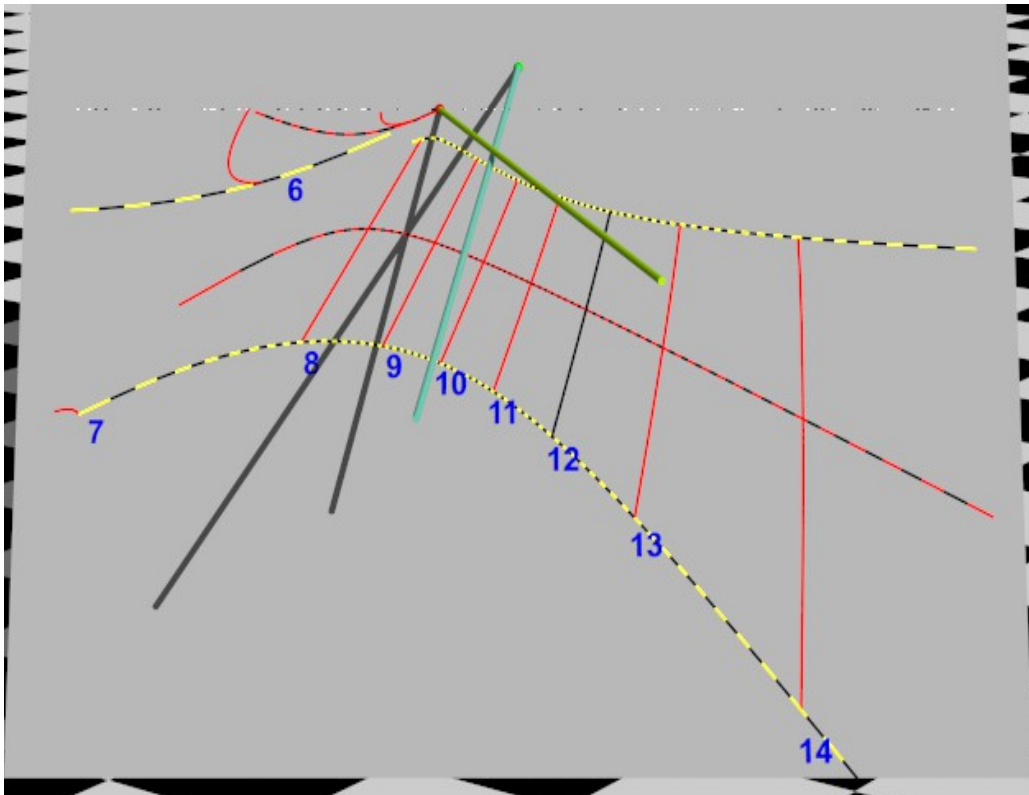
(il s'agit des caractéristiques gnomoniques standards des fils. Pour un tracé sous *Hugo.0.4c*, voir §2-a.2 pour la conversion des paramètres avant leur introduction dans le logiciel).

Figure 10. Figure test pour le contrôle des caractéristiques des gnomons. (cf. Paragraphe 2.a-2, exemple 2)



Remerciements.

Nous remercions tout particulièrement M. Baillet pour avoir dessiné sous *Povray* des cadrans solaires bifilaires sur des plans inclinés déclinants permettant, à partir de représentations 3D (c'est-à-dire par intersection d'objets solides), de valider d'une autre façon le formulaire très général de tels cadrans. Soulignons qu'aucune formule sur les coordonnées du point d'intersection des ombres des fils n'est programmée.



*Cadran solaire bifilaire incliné déclinant à deux styles obliques
Image fourni par le logiciel Povray
(cadran n°5 – 8 h 30 min (temps vrai) aux équinoxes à Nice. Le fil de couleur cyan est le fil n°1)*

⇒  **Dans la version numérique, en annexe, le dossier "Bifilaire-2013 Collin" :**

- ° le répertoire « Annexe_Article D. Collin_Mai2014 » contenant toutes les figures de l'article, avec les fichiers sources et leur « data » pour une compilation sous LaTeX,
- ° le texte original sous PdF
- ° les calculs sous Excel :
("PID_bifilaire_fils qcq_2013.xls" et "Theoreme Conique_CI29_v2.xlsx").





Les méridiennes de la ville de Apt

François Estivalet

La ville de Apt, sous préfecture du Vaucluse, peut s'enorgueillir de posséder deux méridiennes de temps moyen peu commune. Ces dernières à caractère maçonnique, ont été réalisées au milieu du XIX^{ème} siècle (période faste des maçons bâtisseurs en France).

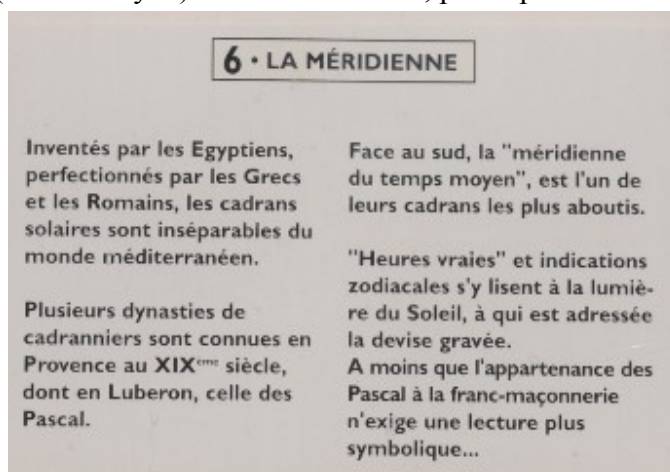
Ce qui caractérise ces deux méridiennes c'est surtout la richesse en informations horaires et calendaires. Le concepteur, par souci pour le "non - gnomoniste", a aussi subtilement facilité la lecture du temps (vrai et moyen) au fil des saisons, par la présence de lobes indicateurs enserrant la courbe de temps moyen; ceci est aussi rare que surprenant!

Situation géographique :

La plus récente est située rue Eugène Brunel place du Septier près de la cathédrale Sainte-Anne.

La plus ancienne est située place Jean Jaurès, place jouxtant le beffroi.

Les tables, sont constituées par un assemblage de plaques en pierre du Luberon ancrées en façade.



Le réalisateur :

Le gnomoniste P.E Pascal originaire du Vaucluse est un apprenti maçon ; pour mémoire, dans son obédience, l'équerre chevauchant le compas sans entrelacement précise ce grade, venant après celui de compagnon (entrelacement) et de maître là le compas recouvre l'équerre.

La lettre "G" peut vouloir dire soit "Gnose (grand architecte de l'univers), soit géométrie soit gravité ou autre...?

On remarque aussi la signature du réalisateur avec le M suivi du triangle 3 points.

Indications :

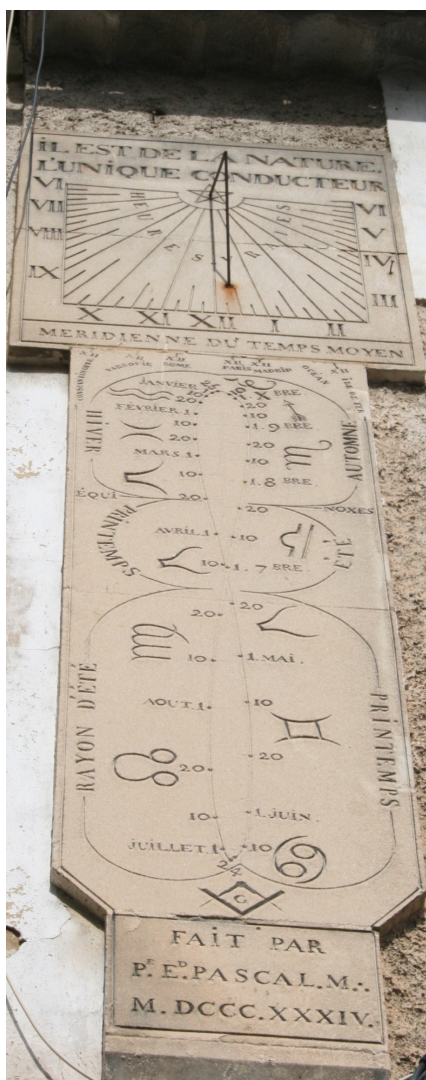
Le traçage de la courbe a été réalisé avec les tables de Bedos de Celles, ses valeurs de l'équation du temps et des déclinaisons solaires étaient la référence à cette époque; l'indication de nombreux jours est de fait d'une précision sans égal.

Cependant après 169 ans la dite précision s'émousse¹...mais reste aujourd'hui exploitable à +/- une minute près.

¹ V. variation de l'équation du temps en fonction du millénaire julien (T) (cadran info 22).

Par exemple on remarque les dates, où l'équation du temps s'annule, diffèrent ostensiblement actuellement: l' E.T = 0 les : 15-avril, 13-juin, 1-septembre, 25-décembre contre les : 15-avril, 16-juin, 30-aout, 23-décembre, dates gravées, ici, sur les tables, le long de la courbe de G. De Fouchy².

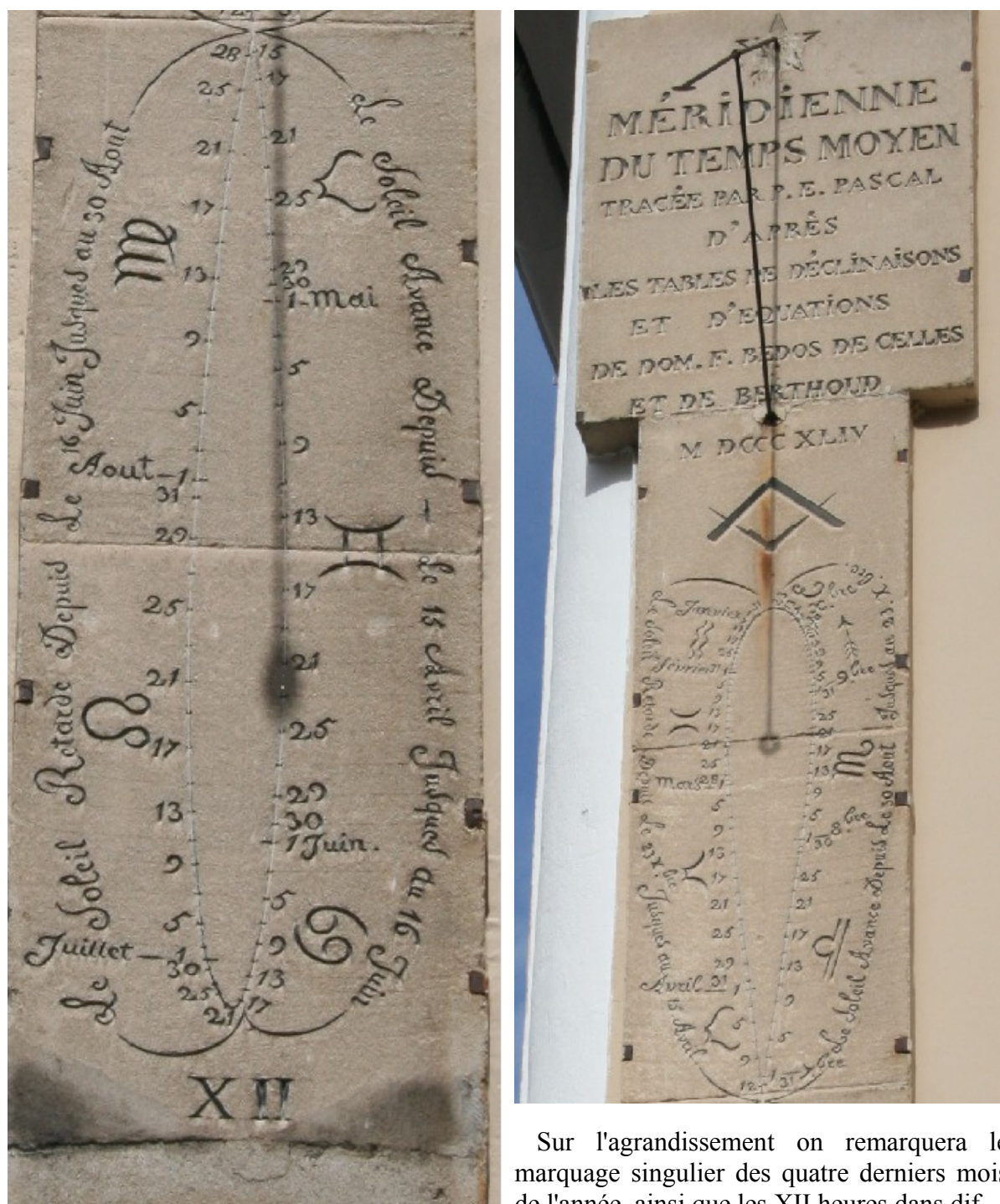
En outre la tenue à la vétusté est remarquable surtout pour la plus récente.



La lecture :

Sur ces deux méridiennes elle est particulièrement facile et attrayante, voir photographies ci après.

² En 1740, G.de Fouchy trace la courbe en 8 sur les cadrans. En fait, pour mémoire, il s'agit de la courbe de l'équation du temps anglo-saxonne* repliée sur elle même, mais ici l'amplitude du tracé est modulée par sa projection gnomonique. C'est aussi la projection sur la table du grand huit céleste matérialisé par la superposition de nombreuses photographies prises au même lieu même heure (temps moyen) pendant une année

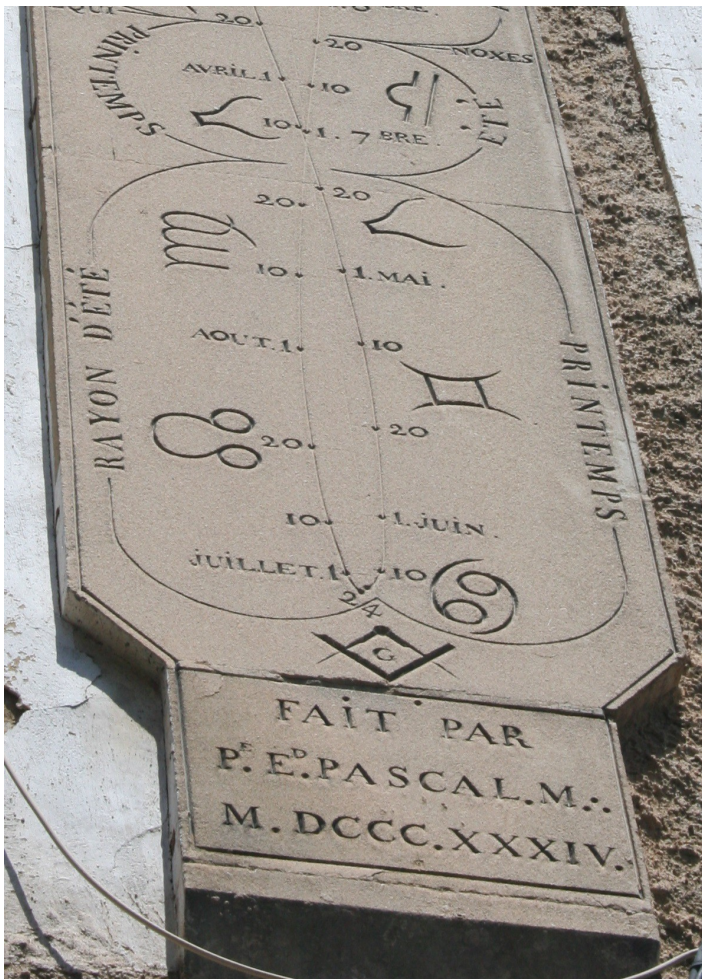


Sur l'agrandissement on remarquera le marquage singulier des quatre derniers mois de l'année, ainsi que les XII heures dans dif-

férentes capitales, mais surtout **l'île de fer** (îles canaries El Hierro, carte plus loin) origine des longitudes & heures sur ordonnance de Louis XIII. La position du méridien ici présentait l'avantage d'affecter du même signe les décalages en longitudes des villes du vieux continent.



Après cet aparté historique on remarque hélas! l'absence de la pointe "œilletonnée", sectionnée au niveau de la jambe de force du style. De même une fissure sabre le cadran là où l'ombre du auvent descend en juin. Fissure due à une différence de température ou alors simplement au claquement du volet? La présence d'un taquet fixé sous le chiffre IV peut laisser penser à la culpabilité de l'importun volet. Ce dernier masque bien trop souvent l'ensemble gnomonique.



En plus d'un cisèlement remarquable on notera les 3 graduations par mois, seulement ici, contre 8 ou 9 sur méridienne Ste. Anne; mais aussi le pentacle au centre du cadran, et bien sur l'intrigant nombre 24 ..?





l'île de fer (îles canaries El Hierro)

Le Gnomoniste Pascal a aussi réalisé plusieurs cadrans verticaux dans la ville d'Apt mais aussi dans les villages de Ménerbes et Roussillon; cadrans facilement reconnaissables par leur aspect spécifique.



Avant de conclure, rappelons pour mémoire : - la méridienne en astronomie, est avant tout le moment particulier de la journée (midi vrai) ou le triangle sphérique céleste P.Z.A se transforme soudainement en une droite orientée nord /sud et contenant: le Pôle nord, le Zénith, l'Astre solaire; de surcroît l'angle horaire du soleil = 0° son azimut = 0° (180° pour les navigateurs).

Là, le midi vrai est indiqué par la ligne XII d'un cadran solaire classique.

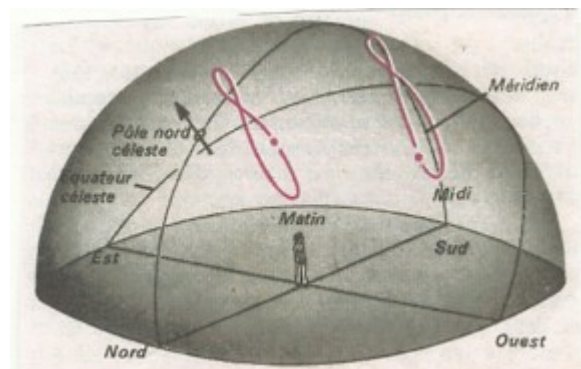
Par contre, la méridienne, elle, était jadis, dédiée au recalage des montres, pendules, horloges de la cité, sur 12 H (temps moyen local). Pour ce faire, il fallait attendre patiemment le moment précis où la tache solaire atteignait la



courbe en 8 à hauteur de la date du jour, pour embrayer les aiguilles préalablement mise en attente sur 12 heures. (V. photographies ↑).

En conclusion, ces méridiennes Aptésiennes, un peu désuètes certes, s'apprécient au mieux en les observant tout au long de l'année; elles sont saisissantes avec les nombreux jours d'ensoleillement d'ici, elles offrent des jeux d'ombres et de couleurs toujours différents accentués par la pureté de la lumière spécifique à la Provence.

Bref! un régal pour les amateurs de Gnomonique.



Pour rappel, la courbe en 8 aussi la projection sur la table du grand huit céleste matérialisé par la superposition de nombreuses photographies prises au même lieu même heure (temps moyen) pendant une année.





Les cadrans Gahon

Claude Gahon

En tant que leur auteur, je vais essayer de vous parler de ces créations particulières - certains diront folles ou originales - qui me prennent, depuis 2011, une grande partie de mon temps de retraite (eh oui ça tourne !).

A l'aide de mes dernières réalisations, c'est-à-dire celles dont *Cadran Info* n'a pas encore été l'écho¹, je vais essayer de décortiquer le cheminement mental et pratique qui a abouti à un objet que j'ai voulu singulier, en tout cas non « conventionnel ».

J'entends par conventionnel une tige (style) plantée dans un support (table) marqué de lignes dites horaires. Rien de péjoratif dans mon propos vis à vis de ce qui reste l'histoire et la base de la représentation gnomonique et sur laquelle nombre de « grosses têtes » se sont penchées depuis des siècles : total respect.

C'est donc avec cet objectif : sans tige, sans table, que j'ai fondé ma réflexion. Je n'y suis pas parvenu pour la totalité de mes œuvres, mais je pense avoir atteint ce but dans un grand nombre d'entre elles, en transposant style et lignes dans des formes plus ou moins abstraites ou figuratives, auxquelles j'ai attribué un nom que j'ai voulu imagé.

« Euréka », s'est-il écrié dans sa baignoire (dit-on !). Je n'ai malheureusement pas autant de chance en prenant mon bain. Une idée qui me passe par la tête doit être esquissée sur papier, puis corrigée, changée, souvent abandonnée, tel est le sort réservé à cette lumière furtive.

Et quand le « bon pour exécution » est estampillé, la mise en « chantier » pratique m'a souvent réservé quelques surprises, m'imposant de changer mon fusil d'épaule et donc d'aboutir à quelques différences d'aspects, voire de fonction, que ceux d'origine écrits ou dessinés. Mais cela ne doit pas être bien différent des problèmes rencontrés par tout créateur (ou bricoleur du dimanche) mal habile !

Toutes les réalisations gnomoniques nécessitent quelques calculs, parfois complexes, selon les représentations que l'on désire. Les miennes s'appuient sur des données théoriques simples pour lesquelles je ne fais qu'appliquer les formules établies dans les livres des auteurs gnomonistes - merci à Denis Savoie - en m'aidant du logiciel « Shadows » de François Blateyron et d'un tableur informatique. Sans oublier le soutien de mon « parrain » moral Joël Robic.

C'est ainsi qu'avec la théorie des plans horaires, associée à celle, qui en découle, du cadran équatorial, j'ai pu trouver des réponses simples à la fois aux calculs et aux techniques d'exécution. Une majorité de mes cadrans est calée sur ces principes. J'ai par ailleurs, essayé d'ajouter un élément dans mes recherches : la lumière plutôt que l'ombre.

L'utilisation de matériaux très divers, souvent issus des restes et chutes de mes bricolages, avec des outils et une technique rudimentaires, confère à mes cadrans, une touche

1 Les précédents cadrans de Cl Gahon sont à retrouver dans :

Cadran Info n° 25 p. 50 : Plomberie solaire ; p.110 : Escalazol

Cadran Info n° 27 p. 166 le Solaflore ; p. 167 le Sunlaser et VSS 13 ; p. 168 le Macao

Cadran Info n° 28 p. 162 le Solaranthurium ; p. 163 la lune solaire

plutôt rustique qui n'est cependant pas pour me déplaire.

La nature, les objets, les événements, ou leurs photos, sont mes sources ou appui d'inspiration, validant ainsi une très grande diversité de productions, si l'on y met un brin d'imagination et d'abstraction, et pourquoi pas un zeste de folie !

Voici donc à quoi ressemble les derniers cadrans « Gahon »

- Soleil Celtique :

Non je ne suis pas allé chez les Celtes pour des vacances, mais je leur ai emprunté leur harpe pour en faire un soleil.

"Soleil celtique" ressemble à cet instrument d'origine celte. On ne joue pas avec les cordes pour en faire de la musique, mais pour lire l'heure solaire. Comme le font les musiciens, il faut enlever la harpe de son support pour pouvoir l'utiliser comme "instrument" solaire en la posant et l'orientant correctement. Dans cette position "couchée" chaque tige "corde" devient un style polaire.

A chaque "corde" correspond une heure ronde, celle-ci est repérée par une ligne horaire gravée sur la "table de résonance".

Le morceau musical consiste à chercher quelle corde a son ombre exactement sur une ligne. Pour midi, c'est quand toutes les "cordes ont une seule et même ombre, ou, ce qui revient au même, quand les ombres des "montants" sont alignées.

Chaque ligne sert à la fois pour les heures AM et, par opposition de 12h, à celles PM.

Je me demande si le "Bagad de Lann Bi houé" va agréer mon instrument, et vous ?

- ° Date de réalisation : Août 2013
- ° Type : Horizontal à multi-styles polaires
- ° Enveloppe : 65 x 40 x 15 cm
- ° Matériaux : Contreplaqué e = 15 mm

pyrogravé+vernis, tiges d'acier 0 4 mm, œillets.

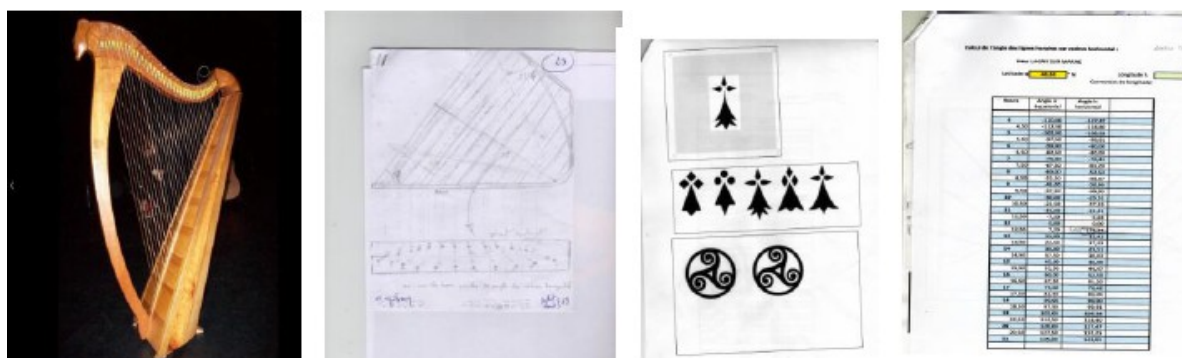
° Calculs : Angles des lignes horaires du cadran horizontal du lieu.

° Particularités : Mon idée d'origine comportait 2 rangées de « cordes » et c'était l'alignement des ombres des 2 cordes d'une même ligne horaire (non dessinée) qui devait indiquer l'heure. Aux essais de contrôle il y avait une forêt d'ombres qui rendait la lecture quasi impossible.

Je n'ai donc conservé qu'une rangée et tracé les lignes horaires, ce qui explique aussi les espaces irréguliers entre les cordes.

° Documents d'inspiration et de travail :





- Héliogrill :

Une nouvelle rôtissoire solaire !!!!

- 1 cylindre tournant sur son grand axe,
- 6 "fenêtres" parallèles au plan équatorial, décalées de 15°, (voir photo 1)
- 6 autres fenêtres inutiles sinon à la déco, (voir photo 2)
- 1 tube central à la base duquel est fixé un ergot,
- 4 positions obtenues en tournant successivement le cylindre de 90°,

Au fur et à mesure que "le soleil tourne", 1, puis 2, puis 3, etc.... fenêtres provoquent 1, puis 2, puis 3 ... traces lumineuses sur la tige.

En position 1 (Est) la première trace qui apparaît est celle de la fenêtre la plus haute et la plus longue, elle correspond à 4h, donc les suivantes sont 5.6.7.8.9: on compte les traces lumineuses, on ajoute 4 et on a l'heure solaire,

En position 2 (Sud) la première trace correspond à 10h, donc les suivantes sont 11.12.13.14.15: on compte les traces, on ajoute 10 et on a l'heure solaire,

En position 3 (Ouest) la première trace correspond à 16h, donc les suivantes sont 17.18.19.20.21: on compte les traces, on ajoute 16 et on a l'heure solaire,

Exemple photo 3 : le cylindre est en position 1 car les fentes utiles sont coté Est. On compte les traces de lumières et l'on trouve 5 entières et 1 moitié, il est donc 9h30 au soleil, et les merguez sont grillées !! Bon appétit.

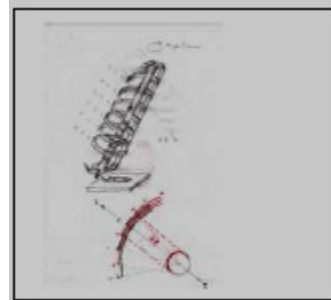
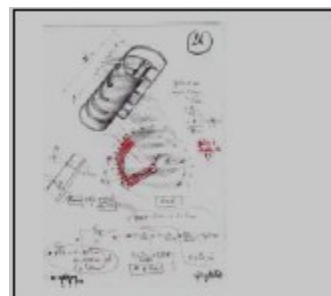


Photo 1 Photo 2 Photo 3

- Date de réalisation : Octobre 2013° Type : Polaire
- Enveloppe : 40 x 40 x 20 cm
- Matériaux : Tube PVC Ø 125 peint, tube acier Ø 20 mm laqué, lame d'acier 30 x 4 mm,
- Calculs : Néant, répartition équatoriale tous les 15°
- Particularités : Le pied support est réglable en fonction de la latitude du lieu. Le diamètre du tube intérieur est égal au décalage des fenêtres. L'ergot du tube central se cale dans les encoches tous les 90° de la lame support.

◦ Documents d'inspiration et de travail (ci contre) : Toujours l'obsession des plans horaires tous les 15° !! Les croquis montrent que le résultat n'est pas tout à fait conforme au dessin d'origine !

- Paon bleu



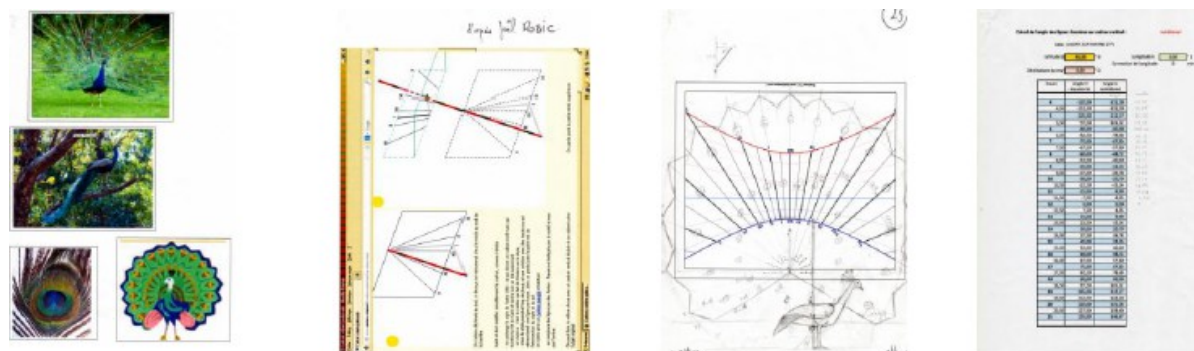
J'avais un peu médité sur l'énigme du cadran de jardinier, ou de clôture, de Joël Robic, cela m'a inspiré une adaptation de sa solution. Je ne reprendrai donc pas la démonstration de Joël, publiée sur son site internet www.cadrans-solaires.fr et dans *Cadran Info*. Mon "point Joël" se situe à l'intersection du dos et du cou du paon, mais j'utilise surtout la ligne du cou pour définir l'heure ronde, quand le trait lumineux est sur, ou dans, le prolongement de cette ligne.

Sur la photo on voit ainsi que l'heure solaire se situe entre 10h (repérée par une ligne et 2 points donc 2h avant midi) et 11h (repérée par un trait et 1 point donc 1h avant midi). Des défauts et des imprécisions, bien sûr, mais cela n'empêche pas mon "Paon Bleu" de se sentir bien et faire la roue, même par mauvais temps.

- Date de réalisation : Octobre 2013
- Type : Vertical méridional à fentes
- Enveloppe : 40 x 30 x 30 cm
- Matériaux : PVC e = 3 mm peint,
- Calculs : Angles des lignes horaires du cadran vertical méridional du lieu.

◦ Particularités : Difficulté, voire impossibilité, de lecture pour les heures extrêmes à cause de la faible largeur des fentes et de l'incidence solaire.

◦ Documents d'inspiration et de travail :



- Héliosphère :

Une idée qui me trottait dans la tête de puis longtemps mais que je n'arrivais pas à concrétiser faute de trouver le matériel adéquat. J'ai enfin trouvé l'objet chez un vendeur de luminaires. J'ai donc repris l'idée et mes esquisses d'il y a 6 mois, qui avaient abouti à « Lune Solaire » - en balles de ping pong !! - pour finaliser la sphère que voici :

"Héliosphère" tout droit sortie du système galactique à cause du vent solaire !! Une sphère translucide avec 3 trous dans son plan équatorial.



Suivant la position du soleil dans la journée, les rayons solaires passent par l'un ou l'autre de ces trous, et font une tache lumineuse à l'intérieur de la sphère.

Cette tache est visible par transparence et sa position, par rapport aux traits, indique l'heure solaire. Chaque trait sur la sphère correspond à une heure ronde et sa couleur est relative à un trou. C'est ainsi que:

- ° la tache produite par le trou Est indique les heures de 3h à 9h, sur les traits jaune,

- ° la tache produite par le trou Sud indique les heures de 9h à 15h, sur les traits orange,

- ° la tache produite par le trou Ouest indique les heures de 15h à 21h, sur les traits marron.



- ° Date de réalisation : Novembre 2013 Type : Polaire, équatorial à tache lumineuse
- ° Enveloppe: 50 x 30 x 25 cm
- ° Matériaux : Globe lumineux en verre Ø 20 cm, lame aluminium 35 x 30 mm

Calculs : Position sur la sphère des cercles correspondant aux déclinaisons maximales du soleil pour limiter les arcs horaires. Les arcs sont les intersections avec la sphère, des plans

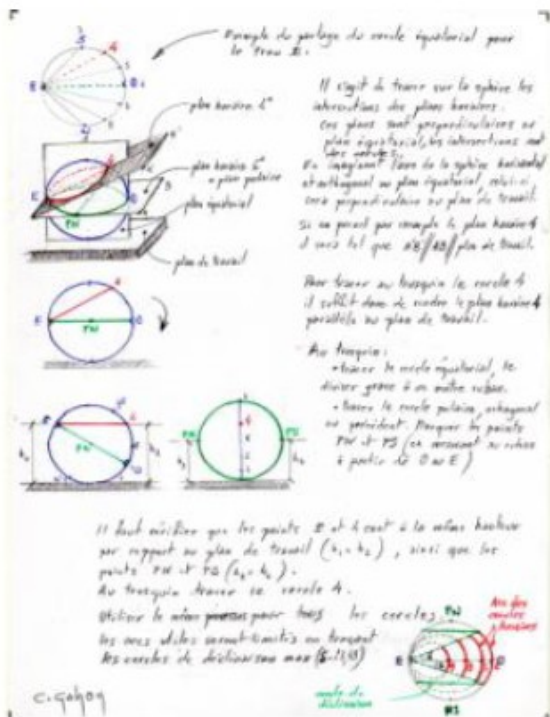
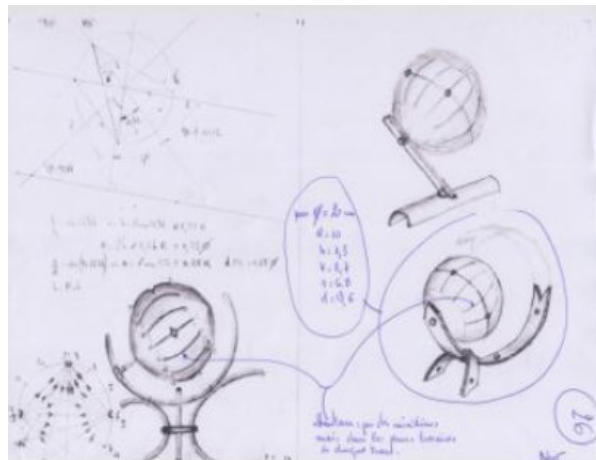
horaires passant par un trou.

° Particularités : Pied mobile pour régler l'inclinaison du globe à la latitude du lieu.

° Difficulté à tracer (sans calculs) les arcs : c'est l'astuce (trusquin) du bricoleur qui assure. Remarque : Une configuration un peu complexe qui ne facilite pas toujours la lecture, puisque les traits "Sud" servent à la fois pour les 3 trous, il faut faire une petite gymnastique mentale. Et puis l'été il faudra faire une gymnastique physique car la tache lumineuse sera en partie basse de la sphère.

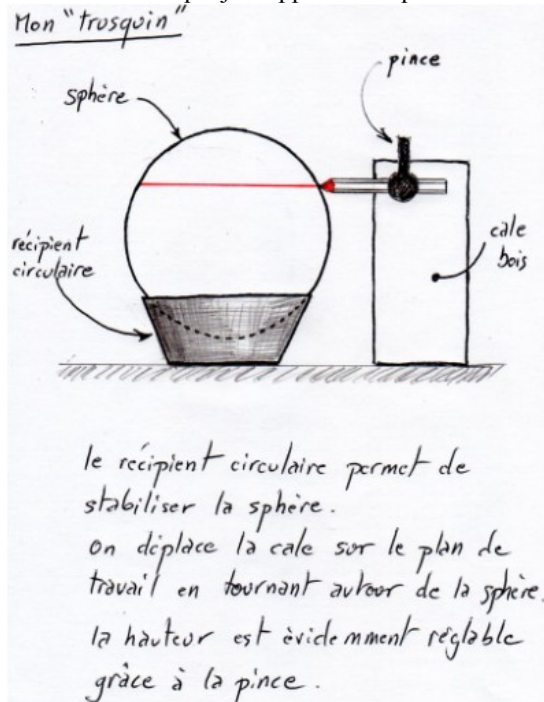
Il y a donc des améliorations à faire pour un meilleur confort de lecture et pour cela il serait bon de faire un support assez haut et avec 3 sphères (une pour chaque trou).

° Documents d'inspiration et de travail :



Pour le tracé, voici un croquis de "l'installation" qui m'a permis de tracer les arcs horaires sur la sphère.

C'est ce que j'ai appelé "trusquin".



- Sapin de soleils

Un exemple inspiré directement par les événements du moment, puisqu'il a été conçu juste avant Noël, il a donc pu servir à la déco de fête.

Son nom en devient évident à sa vue.

C'est du rustique mais efficace. Pour le récipient, j'ai utilisé un "bol" en plastique, sa souplesse relative permet de mieux s'adapter à la sphère et donc de mieux la maintenir.

Le plus embêtant dans l'histoire a été la peinture. Pas facile de limiter les contours avec du ruban adhésif...et il a fallu attendre entre chaque couleur.



Toujours adepte des plans horaires, les « branches » les représentent et sont décalées de 15° , elles correspondent donc chacune à une heure ronde.

Les 24 heures sont réparties sur 4 séries de 6 branches en spirale. Chaque série part d'une grande branche en bas pour se terminer par une petite branche en haut.

Les séries sont donc les heures (3). 4. 5. 6. 7. 8. puis 9. 10. 11. 12. 13. 14, puis 15. 16. 17. 18. 19 et enfin 20. 21. (22). (23). (24). (1). (2). On aura compris que les heures notées entre parenthèses ne seront jamais lues à nos latitudes.

Toutes les branches sont percées d'un grand trou et portent chacune un petit « soleil » : balle de ping-pong percée d'un petit trou. Et on peut ainsi apprécier l'heure solaire de 3 façons différentes.

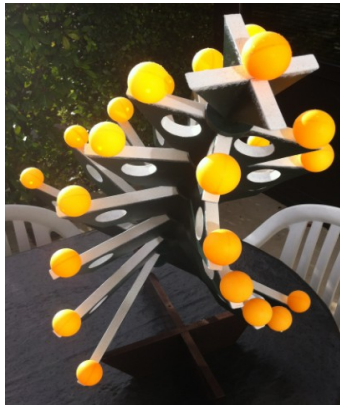
Étant donnée une branche, son heure ronde

sera atteinte quand :

1 - elle n'aura pas d'ombre propre sur les autres branches,

2 - son grand trou sera complètement ombré,

3 - sa balle de ping-pong aura une tache lumineuse sur la ligne séparative de ses hémisphères.



On interprète comme

on veut: le trou pour les boules de sapins, les balles comme les bougies, le blanc en peinture comme la neige. A chacun son image de Noël.

° Date de réalisation : décembre 2013

° Type : Polaire, répartition

équatoriale

° Enveloppe : 70 x 70 x 60 cm

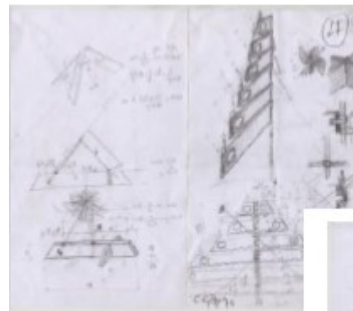
° Matériaux : Bois composite e = 15 mm peint, tige filetée 0 5 mm

° Calculs : Néant

° Particularités : Inclinaison réglable, suivant latitude, par vis. L'« étoile » et sa balle au

sommet ne servent qu'à compléter la déco.

° Documents d'inspiration et de travail : ci-contre.



- Galette solaire

Encore une occasion de prolonger les fêtes avec la galette des rois, voici donc celle de ma confection que je vous laisse déguster, attention à vos dents, elle n'est pas tendre. Pas de fève mais quand même une couronne qui vous permettra de choisir l'heure de votre petit encas gourmand.

Rien de nouveau quand au principe de lecture, les fentes de la couronne sont dans les plans horaires, les lignes horaires sont tracées sur le cadran horizontal (la galette). L'heure solaire est donc indiquée par la ligne qui est totalement couverte par un trait lumineux.

Bonne épiphanie.



- Date de réalisation : Janvier 2014
- Type : Horizontal à fentes dans plans horaires
- Enveloppe : 25 x 25 x 7 cm
- Matériaux : PVC 0 160 mm peint, contreplaqué e = 15 mm pyrogravé+vernis,
- Calculs : Angles des lignes horaires du cadran horizontal du lieu.
- Particularités : Difficulté à marquer et découper les traces des plans horaires sur la

couronne.

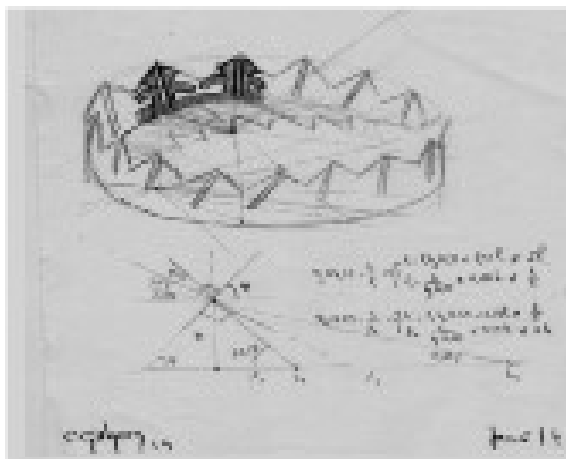
◦ Documents d'inspiration et de travail (cf ci-contre) :

En guise de conclusion (provisoire !) :
Un jeu avec beaucoup de règles mais beaucoup de récompenses.

La recherche et la réalisation me poussent à la réflexion vers des concepts nouveaux dans ce domaine si vaste que celui des cadrans solaires.

Mais « Les Cadrans GAHON » sont-ils encore des « cadrans » au sens littéral du

terme ? Il me plaît d'apporter la confusion.



- Cadran Totem

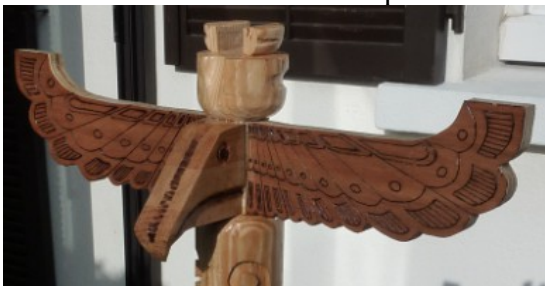
Pas besoin de croire aux esprits ni à la réincarnation des ancêtres pour installer un Totem.

Inspiré des mats sculptés de Stanley Parc à Vancouver (Canada) dont on trouve facilement des photos via internet (cf doc joint), voici donc "Totem" qui, si par hasard possède des vertus protectrices, a la particularité d'indiquer l'heure solaire sur ses ailes déployées.

Vous avez bien sûr reconnu tout simplement un cadran vertical méridional avec les lignes horaires qui dessinent les plumes et le bec qui sert de style.

Peut-être que les amérindiens auraient trouver ça utile pour leur indiquer à quelle heure ils pouvaient exécuter leur danse du scalp !!! Mais ils avaient une autre science du soleil.

Il reste à installer un " tipi ".



A suivre de nouvelles aventures gnomoniques.... si mes neurones ne faiblissent pas !

Quel est ce lieu ?

Le "club de la DS Citroën" demande s'il est possible d'identifier le lieu où a été prise la photo ci-contre. Celle-ci a été publiée dans *l'Automobile* de novembre 1955.

On aperçoit un cadran solaire sur le bâtiment en fond d'image.





Cadran islamiques anciens de Tunisie

Eric Mercier

Cet Inventaire préliminaire présente en premier lieu les spécificités des cadrans islamiques et notamment les méthodes de calcul des heures de prières musulmanes. L'article concerne les cadrans islamiques de Tunisie. Sur les 14, 12 sont virtuellement inédits. Il est fortement souligné que l'inventaire et les études doivent se poursuivre, ne serait-ce que pour contribuer à sauver ce remarquable patrimoine, assez sérieusement menacé.

- Introduction :

Dans le livre « Le meridiane dell'antico islam » (Les cadrans solaires de l'Islam ancien), magnifique ouvrage de plus de 500 pages, G. Ferrari (2011), après avoir détaillé les cadrans de Kairouan et Carthage (voir infra), présente en ces termes des autres cadrans anciens d'Afrique du Nord : je traduit de l'Italien ; « *Dans les différents pays d'Afrique du Nord, il y a, encore aujourd'hui, des cadrans solaires presque toujours très mal en point, situés dans les cours intérieures des mosquées. Nous n'en présentons ici que quelques-uns par des photos et sans commentaires* »... suivent alors quelques photos affligeantes de cadrans Tunisiens. Voilà comment est présenté le patrimoine gnomonique de la Tunisie dans un ouvrage de référence! Jugement sévère ! Mais l'auteur n'a pas tout à fait tort si l'on juge de l'évolution, en quelques années, des cadrans illustrés à la figure 1.



Fig.1 : Evolution récente de l'état de quelques cadrans. A et B : Mosquée Zitouna à Tunis (photos : Sirius Astronomy Association & Habib M'henni) , C : Grande Mosquée de Testour (Photos : Mohamed Béji Ben Mami & Mohamed Hamdane), D : Mosquée El Bassi à Jerba (photo : Astroforum Tunisie).

Dans le domaine du patrimoine, on ne protège que ce que l'on connaît ! ; l'objet de cette note est donc de proposer un inventaire provisoire des cadrans islamiques anciens de Tunisie, et de donner quelques éléments visant à faire progresser leur connaissance. Cet inventaire traitera, en plus de deux cadrans connus, étudiés et publiés (Kairouan et Carthage) de 12 ensembles gnomoniques virtuellement inconnus et, à ma connaissance, non étudiés, même très succinctement, sur le plan gnomonique.

- Les prières musulmanes.

On peut définir un cadran islamique comme étant un cadran qui indique les moments de début et de fin des prières de l'Islam. Ces prières, qui font partie des obligations des croyants, sont au nombre de 5. Bien que l'enseignement du prophète soit assez imprécis sur les critères qui définissent la période de chaque prière, l'accord s'est fait assez rapidement sur le fait que ce sont des critères d'astronomie solaire qui doivent fixer le début et la fin de chaque période. Par contre l'accord ne s'est jamais fait sur la définition précise des critères pour certaines de ces prières. Si bien que leur définition varie fortement dans le temps et dans l'espace, et ce, jusqu'à l'époque actuelle (Annexe 1). La figure 2 va me permettre d'illustrer ces critères et leur variabilité.

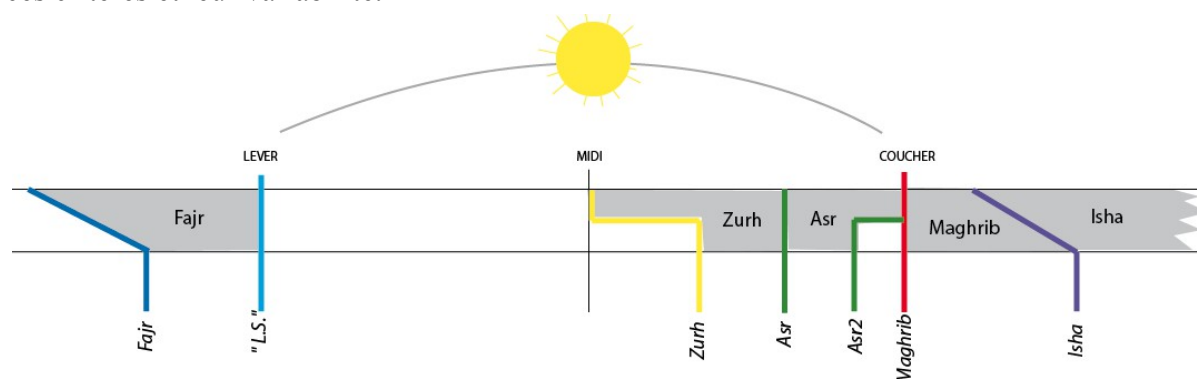


Fig.2 : Les prières de l'Islam ; les couleurs des moments de début et fin seront homogènes dans tout l'article.

Zuhr ; si la majorité des croyants retiennent une définition qui revient à situer le début de la période favorable pour cette prière à « quelques » minutes après midi solaire ; certaines communautés, liées à l'Andalousie musulmane , et donc spécialement au Maghreb, ont considéré que Zuhr devait commencer quand l'ombre d'un gnomon vertical (de longueur G) atteignait la longueur de son ombre à midi solaire (Hm) plus $\frac{1}{4}$ de sa hauteur (soit : ombre = $Hm + 0,25 G$).

Asr ; c'est la prière la plus importante du rite, Son début (qui correspond à la fin de Zuhr) commence quand l'ombre d'un gnomon est égal à $Hm + G$. Il semble généralement admis que la fin de la période de cette prière correspond au début de la suivante ; mais certaines communautés, surtout de tradition ottomane, considère que la fin de cette période (Asr second ou Asr2) est marquée par l'instant où l'ombre du gnomon est égal à $Hm + 2G$.

Maghrib débute au coucher du Soleil.

Isha débute quand le Soleil est à une certaine hauteur sous l'horizon. Des valeurs allant de 12° à 20° (voir plus ?) ont été retenues et sont encore retenues selon les obédiences ou autorités concernées (voir Annexe 1).

Fajr ; le début de cette période est également défini par une hauteur du Soleil sous l'horizon et comme pour Isha, cette hauteur est très variable selon les époques et les lieux

(avec des valeurs allant de 12° à 21°). La fin de la période de cette prière correspond au lever du Soleil.

Ces cinq prières canoniques peuvent donc être définies par 6 ou 7 repères temporaires (fig. 1) dont la position dans la journée (heure) varie en fonction de la période de l'année. Les cadrans islamiques ont précisément fonction d'indiquer ces repères. Seuls deux (ou trois si l'on compte Asr2) de ces repères ont lieu en pleine journée. Pour les autres, les cadrans ne peuvent qu'« annoncer » ces instants avec quelques heures d'avance.

- Généralités sur les cadrans islamiques de Tunisie

La figure 3 localise les sites qui accueillent actuellement¹ des cadrans islamiques (ou assimilé : cf infra).

- trois d'entre eux ont été transféré dans des musées (Monastir, Kairouan et Carthage)

- deux sont dans leur site d'origine mais qui a été transformé en musée (Jerba et Le Kef)

- un a été volé

- les autres (8) sont dans leur site originel (mosquées)

Par ailleurs :

- douze sont des cadrans horizontaux

- un est l'association d'un cadran horizontal et d'un cadran polaire

- un est vertical

Les cadrans horizontaux sont eux-mêmes l'association d'un cadran à style filaire polaire dont la fonction est de donner l'heure (heure égale) et un cadran à style droit qui marque les repères encadrant les périodes favorables aux différentes prières. Le style filaire joint un point d'accroche sur le cadran à un autre point situé sur un tablier vertical en maçonnerie situé immédiatement au Nord du cadran. Mise à part le cadran de Gafsa (cf infra) les heures (égales) indiquées sur le cadran, sont divisées en trois parties de 20 minutes elles mêmes divisées en 5. Ce type de division est classique dans les cadrans islamiques (Ferrari,

2011) ; cette division de l'heure en 15 correspond précisément à la période que met le Soleil pour avancer de 1° dans sa course apparente autour de la Terre.

Dans l'espace ménagé au centre du cadran horaire, se développe le (ou les) cadran(s) islamique(s) s.s. en relation avec 1 à 4 styles droits. Généralement un de ces styles a été calculé pour « frôler » le fil du style horaire², ce qui constituait probablement une aide au montage final et à l'implantation du point de fixation du fil sur le tablier. Notons dès à présent que le célèbre cadran de Kairouan constitue une exception notable à cette règle (voir infra).

Sur la table des cadrans est souvent indiquée la Quibla, c'est à dire la direction de la

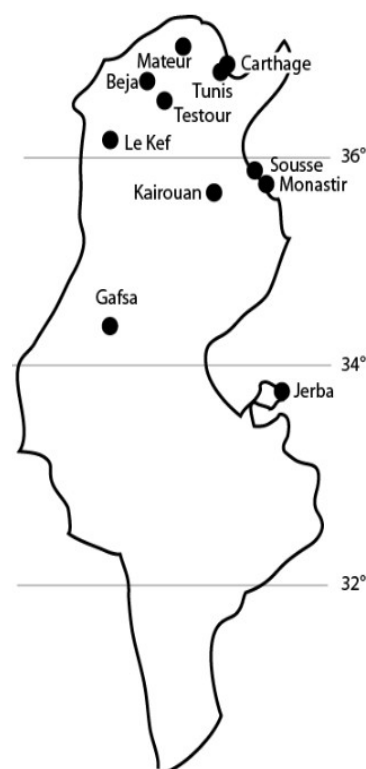


Fig.3 : Localités citées dans le texte qui accueille un ou plusieurs cadrans concernés par ce travail.

¹ .. ou dans un très proche passé pour le cadran volé (fig.1).

² cela revient à dire que le point d'implantation de ce style et le point de fixation du fil sur le cadran sont séparés de la distance : $(G/\tan(\varphi))$, avec ; G : hauteur du style et φ : latitude du lieu.

Mecque, direction dans laquelle les musulmans doivent s'orienter pendant la prière. Sur les cadrans cette direction est parfois sensiblement différente de ce qui serait calculé actuellement. Les méthodes anciennes d'évaluation de la direction de La Mecque constituent un problème autonome qui ne sera pas abordé dans cette étude.

Enfin les arcs diurnes de solstices et équinoxe sont rarement dessinés (3 cas). Quant au zodiaque, il ne s'observe que sur un seul cadran.

- Limites et méthode de cette étude

N'étant pas musulman, je n'ai pas pu visiter les moquées ni pu prendre les photographies moi-même. Je ne présenterai ici que des photos « touristiques » (souvent obliques, réalisées avec des focales courtes..) de sources diverses. Par ailleurs, n'étant pas arabophone, je n'ai pas pu utiliser (au stade de cette étude préliminaire) les nombreuses indications inscrites sur les cadrans eux-mêmes. Le décryptage de ces inscriptions et leur traduction (en partie en cours) pourront, dans le futur, modifier sensiblement les hypothèses avancées dans ce travail.

L'analyse des cadrans présentés ici se fera donc essentiellement à l'aide d'un logiciel développé pour cette étude, et qui permet de tracer les repères chronologiques des prières. Comme les règles de calcul sont fluctuantes (voir supra), une démarche d'essai-erreur est mise systématiquement en œuvre pour « caler » au mieux le résultat. Théoriquement une telle démarche devrait permettre d'établir précisément les règles utilisées par le gnomoniste / cadranier. En fait, cela c'est révélé en partie possible pour certaines lignes (Zuhr, Asr..), mais très illusoire pour d'autres (Fajr, Isha) ; ce point sera rediscuter plus loin.

- Présentation des différents cadrans inventoriés

Il est clairement prématuré de proposer une typologie ou un classement chronologique ou raisonné des cadrans islamiques de Tunisie. Dans les lignes qui suivent je me contenterai de présenter les cadrans déjà connus et publiés (ce qui permettra de valider le logiciel développé), puis je présenterai, dans un ordre un peu arbitraire, les autres cadrans.

Le cadran de la (Grande) Mosquée Sidi Oqba de Kairouan

Il s'agit d'un des plus célèbres cadrans islamiques, il fut construit en 1258 H (=1842 J.C.) par Ahmed iibn Qâsim ibn Ammar AI-Sûsi. L'occident en dispose d'une excellente représentation depuis la fin du XIX^{ème} siècle (Trumet de Fontarce, 1896 ; p. 105), mais ce n'est que plus tardivement que son analyse a été réalisée (Janin 1977, Abdelati et al 2000, Bouchard 2001, Robic 2008, Lalos 2010, Ferrari 2011). La figure 4 présente la modélisation proposée pour ce cadran³. La courbe A+, définie ici à titre d'essai par la formule ($Hm + 1,2 G$), est assez mystérieuse (Ferrari 2011) ; Janin (1977) n'est pas loin d'envisager qu'il s'agit d'un tracé erroné de Asr⁴, annulé par le second tracé situé plus à gauche.

En ce qui concerne les courbes de Zohr, Isha et Fajr, les auteurs ne s'accordent pas sur les définitions précises utilisées par le gnomoniste. Ainsi Janin (1977) pense que Zohr est tracé selon la formule ($Hm + 0,33 G$) alors que Ferrari (2011) retient le classique ($Hm + 0,25$

³ Pour aider à la lecture, j'ai choisi de laisser, sur mes modélisations, le dessin des arcs de solstices et équinoxe alors qu'ils n'apparaissent que rarement sur les cadrans étudiés.

⁴ Comme sur le cadran solaire de la Mosquée d'Ibn Tulun au Caire (Janin & King 1978).

G). De même pour Fajr et Isha, Ferrari (2011) retient des hauteurs du Soleil qui sont respectivement de -17° et -18° alors que Abdelati et al (2000) utilisent -18° pour les deux valeurs (C.H. Eyraud, com. pers.). A ce stade, je ne rentrerai pas dans ces considérations car je suis persuadé que pour aborder ces problèmes avec un niveau de précision satisfaisant, il faut disposer d'autres documents que les banales photos plus ou moins obliques, et faites avec des objectifs à focales courtes (voir des objectifs grand-angle) qui induisent des fortes aberrations géométriques, notamment en bordure des photos.

On remarquera enfin que, comme le souligne Ferrari (2011), le gnomon G2 qui sert de base au fil du cadran horaire n'est pas situé à la distance $(G/\tan(\varphi))$ (avec G = hauteur du gnomon G1 et φ latitude du lieu). Il en résulte que l'absence actuelle du fil sur le cadran ne peut pas être compensée par la notion de fil virtuel qui permettrait de lire l'heure en traçant une ombre virtuelle passant par G2 et par la pointe de l'ombre de G1 (qui de toute façon n'a plus, actuellement, sa hauteur nominale ; cf discussion complète dans Ferrari 2011).

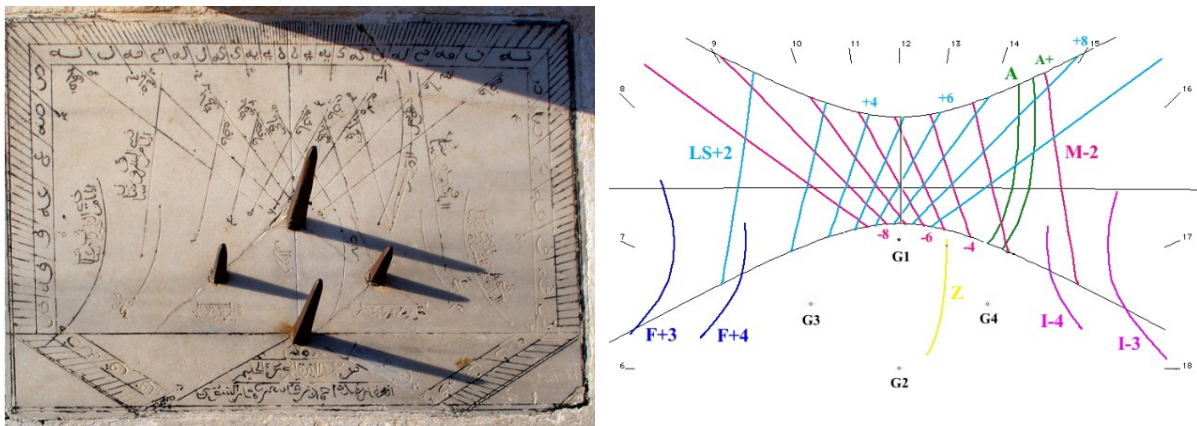


Fig. 4 : Le cadran de Kairouan (photo : Habib M'henni) et sa modélisation. Les lignes relatives au lever du Soleil et à Maghrib (babyloniennes et italiennes), ainsi que de l'Asr (A et A+) sont en relation avec le gnomon G1 ; la courbe de Zohr (Z) avec le gnomon G2 (qui sert aussi de base au fil du « cadran horaire » (en noir)) ; celles de Fajr (F) avec G3 ; et celles de Isha (I) avec G4.

Le cadran du Musée de Carthage

Ce cadran a été retrouvé à Carthage dans les années 1920, près des ruines d'un fortin arabe (Ribat ?). Il a été étudié par Ryckmans & Moreau (1926) et par King (1977). Ce dernier considère que l'étude précédente « *consiste principalement en une suite d'erreur et de mauvaises interprétations* » ; sans aller jusque-là, je dirai que l'interprétation proposée par ces auteurs n'est cohérente, ni avec la transcription des inscriptions, ni avec les règles gnomoniques. C'est le plus ancien cadran cet inventaire, il a été réalisé par Abu el Qasim ibn Hasan al Shaddad en 746 H (=1345 J.C.)⁵. La figure 5, montre que l'on peut y observer les arcs de solstices et équinoxe (ce qui est rare sur les cadrans étudiés) et les courbes de Zuhr et Asr. On observe également deux autres lignes plus mystérieuses. La ligne X1 correspond à la ligne de 11h. King (1977) suggère qu'il s'agit de la ligne de « Tahib » qui correspond à l'heure où les fidèles se retrouvent à la Mosquée pour le sermon du Vendredi qui précède la prière de Zuhr. Cette hypothèse n'est pas vraiment satisfaisante dans la mesure où, si l'on suit les horaires de ce cadran, Zuhr aura lieu au moins 3 heures plus tard....Selon le même auteur,

⁵ date lu comme étant 756 H (=1355 J.C.) par Ryckmans & Moreau (1926)

la courbe X2 correspond à « Duha », heure d'une prière matinale non canonique⁶ symétrique de Asr⁷.

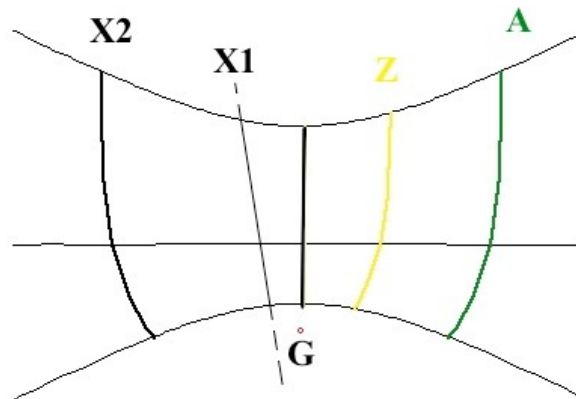


Fig. 5 : Le cadran du Musée de Carthage et sa modélisation.

Le cadran de la (Grande) Mosquée de Monastir

Ce cadran (fig.6), qui se situe sur le toit de la mosquée, ne semble jamais avoir été mentionné dans les littératures archéologiques ou gnomoniques. Il n'est connu que par une photo très récente de Mr Habib M'henni. On peut y lire la date de 1156 H (=1743 J.C). Les gnomons sont brisés, mais son état semble relativement satisfaisant. Son originalité réside dans le fait que le cadran islamique est, comme à Kairouan, divisé en sous-cadrans qui relèvent chacun d'un gnomon différent ; mais ces gnomons faisaient la même taille et leur implantation est uniformément répartis dans l'espace situé à l'intérieur du cadran horaire. Ce cadran horaire, et c'est unique parmi ceux étudiés ici, ne distingue pas les heures, mais seulement les fractions de 20'. Sur la figure 6, on remarque le fait que Zuhr et Asr sont annoncés par plusieurs courbes alors que Isha ne l'est que par la courbe -4.

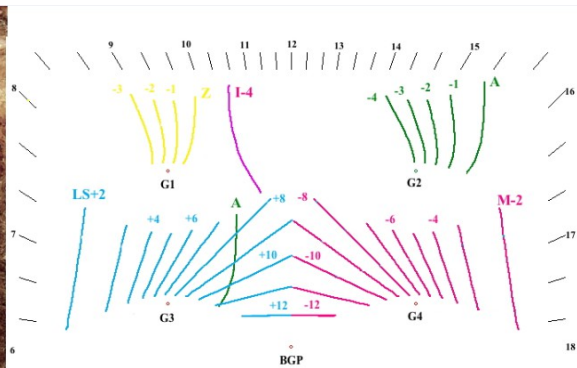


Fig. 6 : Le cadran de la Mosquée de Monastir (photo : Habib M'henni) et sa modélisation.

⁶ certains théologiens la considèrent même comme « hérétique », King (1977)

⁷ mais comme le précise King (1977) il n'existe aucun texte qui précise la manière de calculer le temps de cette prière ; l'attribution de la courbe X2 à Duha est donc strictement une conjoncture.

Le cadran de la (Grande) Mosquée Zitouna de Tunis.

Il s'agit d'un ensemble de deux cadrans (un cadran horizontal qui classiquement contient un c. horaire et un c. islamique, et un cadran polaire, voir figure 1 A & B) situé dans la cour de la Mosquée. Je n'ai pas encore pu obtenir de photo de bonne qualité du cadran horizontal, Il semble de même type que celui de la Mosquée de Monastir, le coin SW étant, comme à Monastir, occupé par un sous-cadran babylonique avec, en plus, une courbe relevant de Fajr (?).

Mais ce qui fait le caractère tout à fait exceptionnel de cet ensemble gnomonique, c'est la présence d'un cadran polaire (fig. 7). La littérature internationale (Janin & King 1978 ; Berggren 2001) considère qu'il n'existe qu'un seul cadran islamique polaire connu : celui de la Mosquée d'Acre en Galilée (réalisé en 1201 H (=1786 J.C)). Le cadran de la Mosquée Zitouna serait donc le second !!.

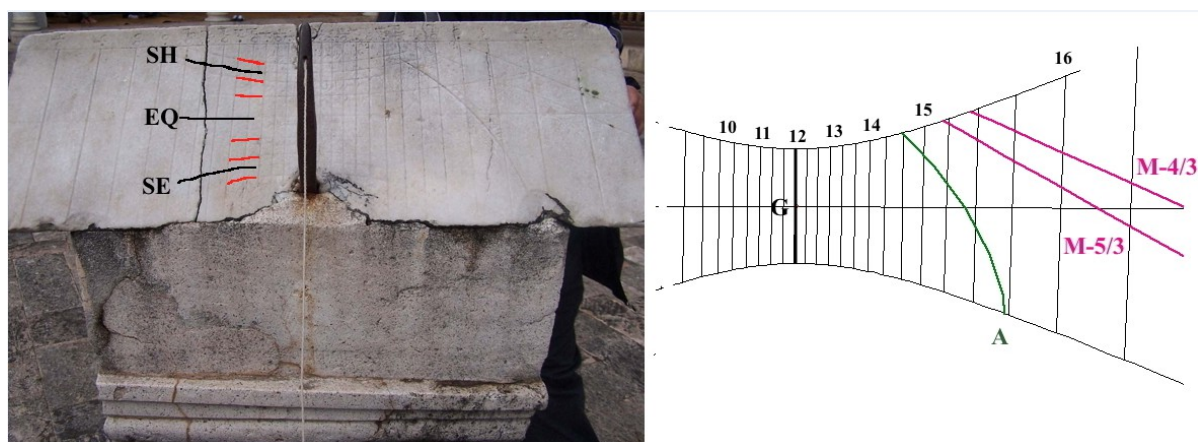


Fig. 7 : Le cadran polaire de la Mosquée Zitouna de Tunis (photo : Sirius Astronomy Association) et sa modélisation. SH, EQ et SE correspondent respectivement à Solstice d'hiver, Equinoxe et S. d'été (voir discussion dans le texte).

Ce cadran mérite donc une analyse préliminaire. 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 note des courbes qui évoquent les arcs de zodiaques, il y en a 4 de chaque côté, ce qui fait deux de trop !. En effet, le zodiaque tel que l'on le connaît en occident est directement issu de celui utilisé dans le monde musulman (Ferrari 2011, chapitre 10 par exemple). J'ai donc le sentiment (à confirmer par une étude plus précise à partir de relevés détaillés) que le tracé est fautif et que les arcs de solstices correspondent, classiquement, aux 3^{ème} tracés, les quatrièmes seraient donc excédentaires (et inutiles). Cette interprétation semble confirmée par la modélisation, et notamment par la position des intersections des courbes de Maghrib avec les arcs. On notera également que les droites horaires sont séparées de 20' et que les seuls éléments islamiques sont des courbes se référant au Maghrib et la courbe de Asr.

Le cadran de la Zaouïa du Kef

Une zaouïa est le siège, et le lieu de vie, d'une communauté religieuse soufie. La zaouïa de Sidi Ali Ben Aïssa, créée vers 1784 JC, est maintenant transformée en « Musée des arts et traditions populaires ». Le cadran est dans son site d'origine, dans une des cours de ce Musée. Le cadran lui-même (Fig. 8) présente des lignes babyloniennes et italiennes, mais limitées à un seul exemplaire de chaque. On note aussi des courbes liées à Fajr et Isha. Ces

courbes débordent largement le domaine limité par les deux arcs des solstices, ce qui n'est pas le cas des autres courbes islamiques Zuhr et Asr qui sont donc nettement plus courtes. On note enfin, comme sur le cadran de Carthage, deux courbes mystérieuses notées X1 et X2.

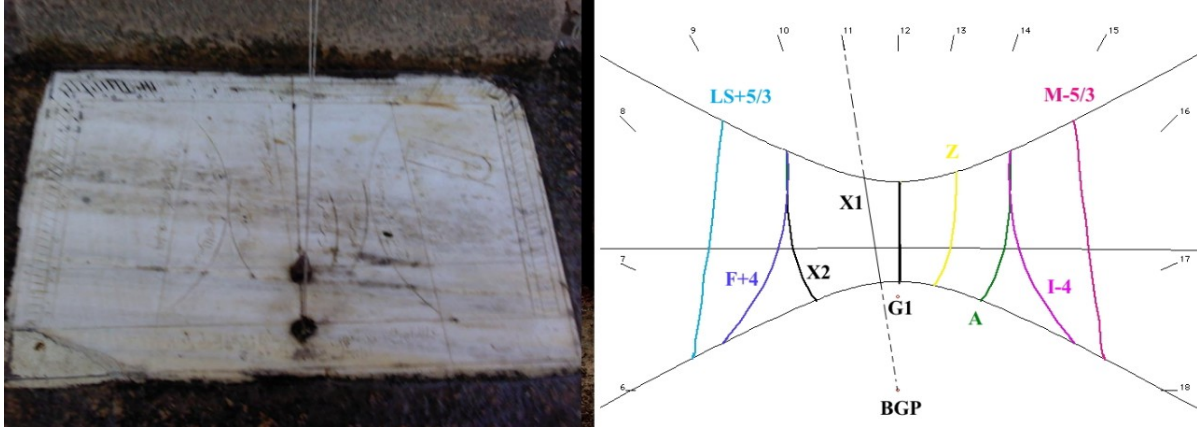


Fig. 8 : Le cadran de la Zaouïa du Kef (photo : transmise par Mr Camille Mifort) et sa modélisation. BGP= base du gnomon polaire (fil).

Les cadrans des Mosquées de Mateur, Testour et Beja.

Il s'agit de cadrans très proches dans leur structure, ils sont datés respectivement de 1178 H (=1764 J.C) ; de 1173 H (=1760 J.C) ; de 1236 H (=1821 J.C). Le cadran de Testour est signé de Ahmed al-Harrâr. J'ignore si celui de Mateur existe encore dans la mesure où la seule information dont je dispose est une carte postale des années 1930 (Fig. 9). Ce cadran, ainsi que celui de Beja (Fig. 11) ne présentent que des lignes babyloniennes, italiques et la courbe de Asr. L'absence de Zuhr est à noter. Cette dernière est, par contre, présente à Testour (Fig. 10) avec des courbes d'alerte de Asr (espacement de 20').

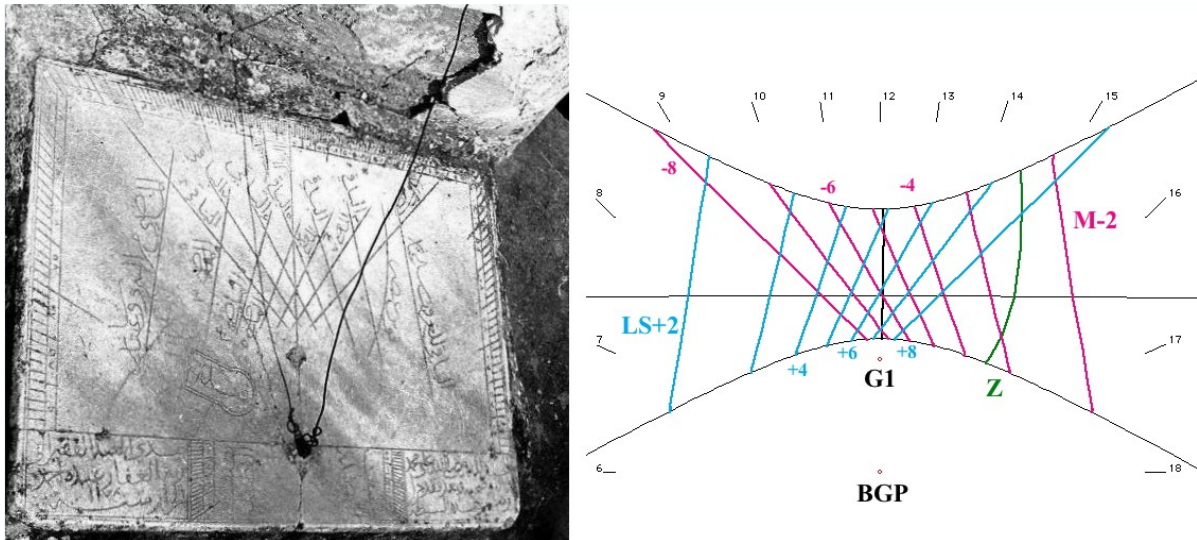


Fig. 9 : Le cadran de la Mosquée de Mateur (photo : carte postale des années 1930) et sa modélisation. BGP= base du gnomon polaire (fil).



Fig. 10 : Le cadran de la Mosquée de Testour (photo : Mohamed Béji Ben Mami [http://www.discoverislamicart.org]) et sa modélisation. BGP= base du gnomon polaire (fil).

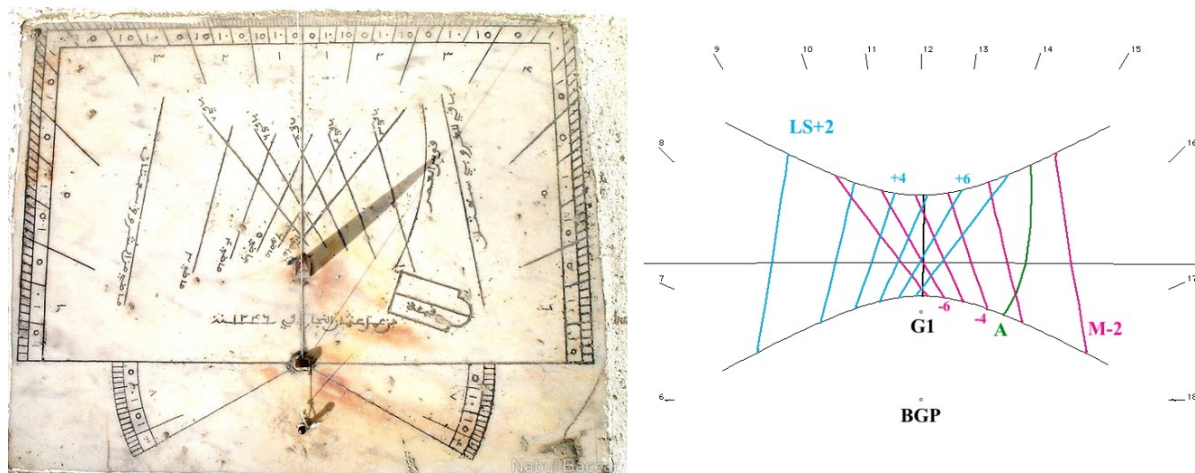


Fig. 11 : Le cadran de la Mosquée de Beja (photo : Nabyl Baccar) et sa modélisation. BGP= base du gnomon polaire (fil).

Les cadrans des Musées de Monastir et Kairouan

Le Musée islamique du Ribat de Monastir possède un cadran dans sa collection (Fig. 12). Il s'agit probablement de celui qui a été trouvé dans la Ribat de Sousse et qui daterait de 1135 H (=1722 J.C) d'après Zbiss (1954). C'est un cadran assez simple qui n'indique de Asr ainsi que 3 alertes espacées de 20'. On notera que ce qui semble être le gnomon principal n'a aucune fonction gnomonique, il sert juste à « guider » le fil du cadran « horaire ». Le gnomon G est à la fois la base du fil et le gnomon en relation avec les courbes de Asr.

Le cadran du Musée de Kairouan (Fig. 13) est daté du XVII^{ème} siècle. Il est assez proche du cadran de Carthage pourtant beaucoup plus ancien. On note notamment les arcs de solstices, la droite d'équinoxe, les courbes Zuhr et Asr ainsi que la droite X1. De façon très originale, on y observe également une courbe attribuable à Asr-second.

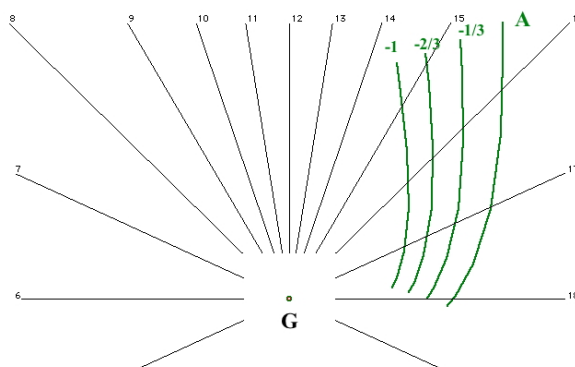


Fig. 12 : Le cadran du Musée de Monastir (photo : Habib M'henni) et sa modélisation.

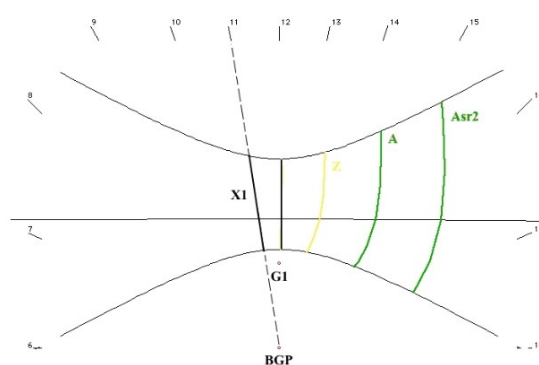
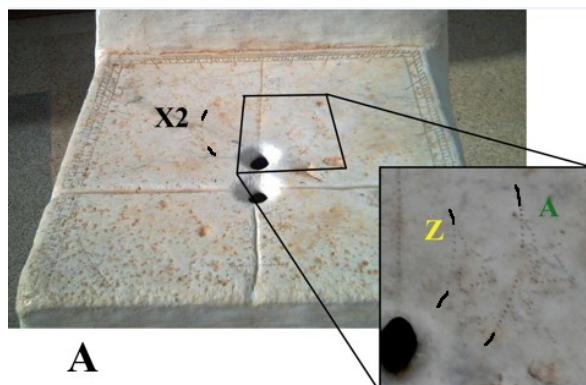


Fig. 13 : Le cadran du Musée de Kairouan (?) (photo : X) et sa modélisation.
BGP= base du gnomon polaire (fil).

Les cadrans de Jerba

Il s'agit de deux cadrans (fig. 14) typiques mais assez simples qui possèdent des courbes de Zuhr et de Asr ; et sur le cadran de la Mosquée / Médersa⁸ Sidi Brahim el Djoumi, on note également une courbe X2. Cet édifice est une des rares établissements religieux qui furent édifiées sous l'égide du gouvernement centrale mouradite de Tunis, probablement à l'époque de Mourad III en 1701.



⁸ Une médersa est une sorte d'école / Université religieuse où les étudiants étaient en pension.

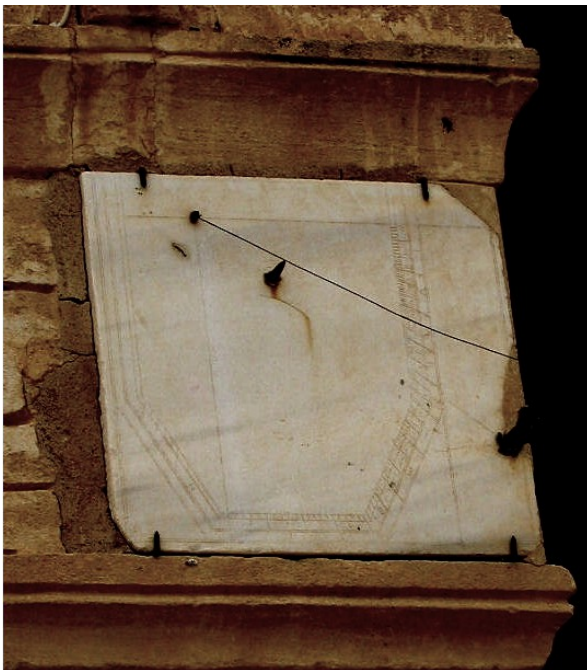
On peut penser que ce cadran est de la même époque.

Des cadrans non-islamiques de mosquées

Pour mémoire, je signale ici deux cadrans strictement horaires situés dans des mosquées. Il s'agit d'un cadran vertical dans la Grande Mosquée de Kairouan (fig. 15) et un cadran horizontal dans la Mosquée de Gafsa (fig. 16) ; ils ne possèdent pas de lignes de prières. Le cadran de Gafsa est par ailleurs original dans le fait que les heures du cadran horaire sont divisées en $\frac{1}{4}$ d'heure, puis en périodes de 5 minutes, ce qui suggère un cadran beaucoup plus récent que tous les autres.



Fig. 14 : Les cadrans de la Mosquée/Médresa Sidi Brahim el Djoumi (A : photo : Astroforum Tunisie) et de la Mosquée El Bassi de Jerba (B : photo : Astroforum Tunisie).



◀ Fig. 15 : Le cadran vertical de Kairouan (photo : Cathy Baudin)

▲ Fig. 16 : Le cadran Gafsa (photo : Jamel eddine Ben Saidane)

- Conclusion provisoire

Le but de ce travail est essentiellement d'attirer l'attention sur la richesse du patrimoine gnomonique tunisien et sur les menaces qui pèsent sur lui. Sur le plan purement scientifique et historique, et comme cela a déjà été souligné, ce travail est très préliminaire. Il souffre notamment de l'absence quasi complète de traductions des nombreuses indications gravées sur les cadrans, de relevés précis des tables de cadrans, et d'un cadre historico-religieux pour comprendre certaines particularités.

- l'absence de Zuhr « andalou » sur certains cadrans a-t-elle une signification religieuse (utilisation de Zuhr « orthodoxe ») ?

- que signifie la présence de Asr2 sur un cadran du Musée de Kairouan ? la présence de communauté religieuse orientale ?
- que signifie les tracés que j'ai nommé ici X1 et X2 ? l'interprétation de King (1977) est-elle la bonne⁹ ?
- qu'elles sont les influences à l'origine du cadran polaire de Tunis ?
- etc...

Par ailleurs il est également certain que l'inventaire est loin d'être clos. Saladin (1907) dit, au sujet des cadrans solaires de Tunisie : « .. dont on retrouve des exemplaires dans toutes les anciennes mosquées » et il ajoute en note infra-paginale : « J'en ai vu de très intéressants à la grande mosquée de Sousse et à la mosquée de Sidi Okba à Kairouan ». Sousse, absent de cet inventaire, mais aussi Hammamet et d'autres lieux¹⁰ sont donc susceptibles de receler d'autres trésors à découvrir et à protéger ... à suivre donc .

- Remerciements

Je voudrais remercier très sincèrement les quelques passionnés que j'ai croisés à l'occasion de cette étude et qui m'ont fourni des renseignements précieux et/ou des photos de cadrans ; Habib M'henni photographe et grand « chasseur » de cadran ; Camille Mifort, webmasteur du site « www.elkef.info/ » ; et Charles-Henri Eyraud (Ifé/Ens Lyon) qui , il y a quelques années, a défriché les problèmes de modélisation du cadran de Kairouan.

Bibliographie

- Abdelati B.M. ; Sadden K. ; Eyraud C.H. (2000) : Le calendrier religieux musulman ; Cahiers de Clairaut, 90, 8 p.
- Berggren J.L. (2001) : Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization ; The Compedium, 8-2, P. 8-14
- Bouchard A. (2001) : Cadrans du monde: un cadran horizontal musulman de Kairouan (Tunisie) ; Le Gnomoniste, VIII, 4, p . 4-6
- Ferrari G. (2011) : Le meridiane dell'antico islam, édition à compte d'auteur 536 p .
- Janin L. (1977) : Quelques aspects récents de la gnomonique tunisienne ; Revue de l'Occident musulman et de la Méditerranée, N°24, 1977. pp. 207-221.
- 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]
- King D. (1977) : "A fourteenth-century Tunisian sundial for regulating the times of Muslim prayer", in Walter G. Saltzer & Yasukatsu Maeyama, eds., PRISMATA: Natur-

⁹ Pour ma part, je remarque que ces courbes X1 et X2 s'observent sur 4 cadrans, un est d'origine qui ne m'est pas connu (Musée de Kairouan), mais les trois autres ne sont pas originaires de mosquée s.s., mais des lieux de vie de communautés religieuses (Ribat (?) de Kairouan, Zaouïa du Kef, Mosquée / Médersa de Jerba)... de là à penser que ses courbes ont une fonction plus pratique (réunion, repas) que religieuse, il n'y a qu'un pas!

¹⁰ Janin (1977) dit par exemple au sujet de la Mosquée de Kairouan : « (elle) contient un deuxième cadran solaire, plaqué en position verticale en haut d'un pilier de l'arcade Est de la cour. Il est en mauvais état de conservation, mais on y retrouve cependant la plupart des lignes horaires et inscriptions du cadran horizontal étudié ci-dessus. Ce dernier serait donc la copie — améliorée — d'un cadran antérieur, qu'on a alors mis de côté ... » ; je n'ai trouvé trace nulle part de ce cadran qui ne semble pas être (?) le cadran de la figure 13, ni celui de la figure 15.

wissenschaftsgeschichtliche Studien – Festschrift für Willy Hartner, Wiesbaden: Franz Steiner, 1977, pp. 187-202. [Reproduit in King D. (1987) Islamic Astronomical Instruments, London: Variorum, 1987]

- Lalos M. (2010) : site web :

http://michel.lalos.free.fr/cadrans_solaires/autres_pays/tunisie/cs_tunisie.html

- Robic J. (2008) : site web :

<http://cadrans.solaires.pagesperso-orange.fr/cadrans/Kairouan.html>

- Ryckmans G. & Moreau F. (1926) : Un gnomon arabe du XIVe siècle ; Le Muséon, 39, p.33-40

- Saladin H. (1907) : Manuel d'art musulman, t. 1 : l'architecture, Picard edit. Paris.

- Trumet de Fontarce A. (1896) : Souvenirs d'Afrique. Algérie, Tunisie. Mission officielle, journal de voyage ; edit. Vve C. Saillard,

- Zbiss S.M. (1954) : L'épigraphie dans les « ribats » de Sousse et de Monastir ; Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Volume 98, Numéro 2, pp. 146-147

Liste des annexes

Annexe 1 : Tableau des définitions actuelles de Fajr et Isha selon différentes « autorités » islamiques.

	Fajr Angle	Isha Angle
Muslim World League	18	17
Islamic Society of North America (ISNA)	15	15
Egyptian General Authority of Survey	19.5	17.5
University of Islamic Sciences, Karachi	18	18
Institute of Geophysics, University of Tehran	17.7	14 (?)
Shia Ithna Ashari, Leva Research Institute, Qum	16	14
Mosquée de Paris	15	18
Union Organisation Islamique de France	12	12
Mosquées de Tunisie	18	18
Umm al-Qura University, Makkah	18,5	90 min after Maghrib, 120 min during Ramadan

Dernières informations

D'après des informations nouvelles transmises par Mr Camille Mifort, le cadran du Kef n'a pas été créé pour l'endroit où il est actuellement. Il se trouvait près de l'ancienne "grande mosquée" au centre de la médina. Ce monument a été restauré, en 1966, dans son état d'origine de "basilique byzantine". On peut supposer que c'est à ce moment là que le cadran a été transféré au sein du Musée.

Cette précision rend évidemment caduque l'hypothèse proposée à la note infra-paginale 9 de l'article. Le problème des lignes X1 et X2 demeure entier...





Un cadran solaire palissade

Joël Robic

Comment utiliser le principe du cadran invisible pour faire un cadran solaire avec une palissade au sud de son jardin, mais sans installer le style chez son voisin ?

Fonctionnement du cadran

L'idée fait suite à un besoin simple : installer un cadran sur la clôture sud d'un jardin

Il y a deux façons classiques de positionner un cadran solaire vertical sur une clôture sud :

- côté sud, mais il fonctionne chez le voisin,
- côté nord, mais il fonctionne seulement en été tôt le matin et tard le soir.



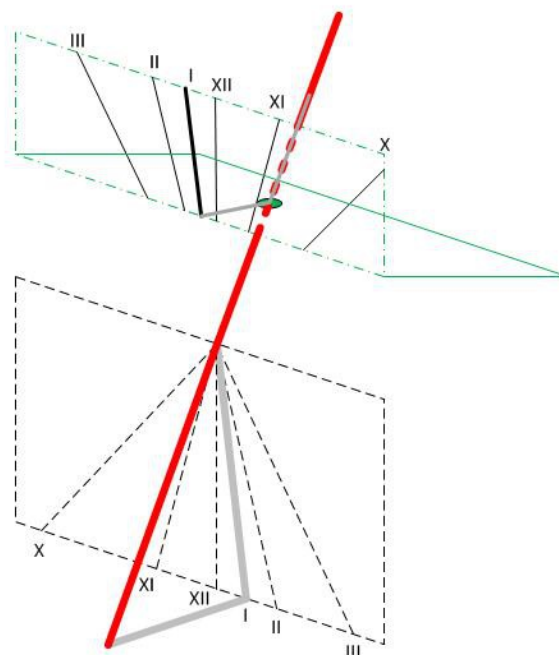
Ces solutions ne répondent pas vraiment au besoin, d'où l'idée d'un cadran inverse où ce n'est pas le style qui fait de l'ombre mais le cadran qui fait de l'ombre sur le style ou même sur un seul point pour éviter un style encombrant.

Principe :

- tracer le cadran vertical déclinant calculé pour cette clôture
- prolonger les lignes vers le haut
- prolonger le style rouge de l'autre côté
- inverser : c'est le cadran qui fait de l'ombre sur le style,
- garder la partie verte supérieure des lignes et le point vert de l'intersection du style avec le sol
- remplacer les lignes par des fentes,

l'heure est indiquée par le soleil sur le point .

Ce cadran suit le principe du cadran invisible [1] qui a habituellement des fentes sous le toit et un point sur un mur vertical. Ici le point est au sol et les fentes sont verticales et visibles.



Réalisation

Il faut calculer le cadran vertical déclinant et positionner les lignes et le point.



Cadran de contrôle avec des planches pour marquer les lignes



Palissade finale en remplissant les espaces et enlevant les planches

Lecture de l'heure



Les lignes du cadrans se détachent au sol



La ligne des 2 heures éclaire la marque au sol.
Il est 2h solaire



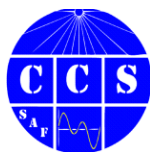
En été de bon matin, c'est la face nord qui est éclairée, le cadran ne fonctionne pas encore

Références

- [1] Cadran invisible décrit par Denis Savoie dans "Le Gnomoniste" de André Bouchard avec le texte original de Lalande.

<https://cadrans-solaires.scg.ulaval.ca/cadransolaire/p2v9no2.htm>





Cadran solaire de l'INES

Denis Savoie

Le siège de l'Institut National de l'Énergie Solaire (INES), baptisé Hélios, est un bâtiment qui a fait l'objet d'un concours européen d'architecture devant répondre à deux exigences : une consommation annuelle inférieure à 27 kWh/m²/an et l'utilisation de l'énergie solaire pour couvrir a minima 40 % des besoins. C'est le projet des architectes Michel Rémon et Frédéric Nicolas qui a remporté le concours.

Le bâtiment de l'INES a une surface de 7000 m²; il est implanté non loin de Chambéry dans la zone « Savoie Technolac » près du lac du Bourget¹. Sa façade principale, orientée vers le Nord, est un voile de béton courbe de plus de 500 m² de surface, haut de 9,60 m et long

d'environ 52 m (fig. 1). Si le projet de Michel Rémon et Frédéric Nicolas prévoyait dès l'origine d'habiller ce voile Nord par un immense cadran solaire muni d'une mire réfléchissante, il ne pouvait être question de donner une idée précise du tracé et du fonctionnement car une étude minutieuse était nécessaire. En effet, la structure du bâtiment de l'INES, avec sur son toit une imposante écope inclinée et recouverte de capteurs thermiques, tout comme l'implantation géographique



Fig. 1 : Face Nord du bâtiment de l'Institut National de l'Énergie Solaire. Le cadran solaire occupe tout le voile courbe en béton brut qui mesure 52 m de long sur 10 m de haut (photo Mathieu Ducros).

(le fond d'une large vallée) avec vers l'Est le Mont Revard et vers l'Ouest le Mont du Chat, font que le futur cadran solaire ne serait pas simple. La seule certitude que l'on avait, c'est qu'il serait à réflexion, autrement dit c'est une tache de lumière projetée par un miroir qui indiquerait l'heure et certaines dates remarquables. C'est fin 2009 que je fus contacté par les deux architectes afin de réaliser ce gigantesque cadran solaire, mais ce n'est véritablement qu'en 2012, lorsque le bâtiment fut bien sorti de terre que l'on commença sérieusement son étude. Ce laps de temps fut consacré à résoudre avec Marc Goutaudier, du Palais de la découverte, des problèmes de gnomonique inédits et assez difficiles : c'est donc à deux que nous avons calculé ce cadran très particulier.

¹ <http://www.ines-solaire.org/>

1 – Un tracé complexe en fonction de nombreuses contraintes

Le voile de béton de la façade Nord peut être divisé en trois parties : vers l'Est le voile est un mur plan orienté Nord-Ouest appelé mur 1 (fig. 2); vers l'Ouest le voile est aussi un mur plan mais orienté Nord-Est appelé mur 2 (fig. 3). Ces deux murs sont reliés par un cylindre à grand rayon de courbure qui rend les raccordements harmonieux. Coulé en une seule fois par l'entreprise Langain, du Bourget du Lac, il a d'abord fallu déterminer très précisément les paramètres de ce voile, à savoir la déclinaison gnomonique des deux murs plans ainsi que la valeur exacte du rayon du cylindre (fig. 4).



Fig. 2 : La forme incurvée du voile de béton est bien visible sur cette photo qui montre la partie orientée vers le Nord-Ouest. Au second plan, vers l'Est, le Mont Revard.



Fig. 3 : Vue de la partie Ouest du voile de béton. Au sol se dessinent les ombres du voile de béton et de l'écope qu'il surplombe. Au second plan, la Montagne du Chat.



Fig. 4 : Détail du voile de béton. Après avoir été coulé en une seule fois, le voile est maintenant sec mais encore soutenu par des étais. Le haut du voile est à 12,66 m du sol.

Une lasergrammétrie fut réalisée par l'entreprise Géode de Chambéry ce qui permit de fixer les éléments suivants, les coordonnées géographiques du lieu étant connues par GoogleEarth :

Latitude = 45° 38' 27"
 Longitude = 5° 52' 31" E
 = - 0 h 23 m 30 s

Mur 1 : déclinaison gnomonique = + 144° 3' 39"
 Longueur = 16,493 m

Mur 2 : déclinaison gnomonique = - 178° 23' 6"
 Longueur = 6,866 m

Rayon du cylindre = 46,59 m ; Longueur = 28,982 m

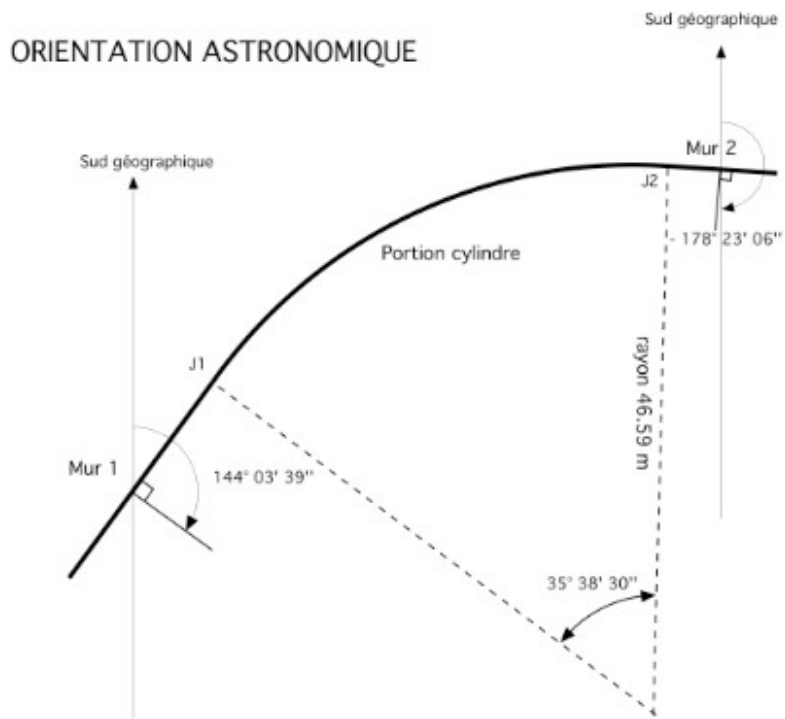


Fig. 5 : Schéma montrant l'orientation astronomique du voile de béton.

On notera au passage que la déclinaison gnomonique du mur 2 rend possible en été l'éclairement par le Soleil, de sorte qu'on peut avoir une tache de lumière qui se projette sur un mur éclairé (fig. 5).

La lasergrammétrie a également donné les dimensions et les coordonnées de l'écope (fig. 6), laquelle est désaxée par rapport au bâtiment : le bord supérieur de l'écope est orientée Sud-Ouest tandis que l'axe général de l'INES, parallèle à la route, est plutôt Sud-Est (et donc Nord-Ouest).



Fig. 6 : L'écope recouverte de capteurs solaires est située au-dessus du bâtiment. Elle est orientée vers le Sud. Par rapport au voile de béton qu'elle surplombe, elle crée un obstacle très contraignant qui nécessite d'installer deux miroirs pour capter le Soleil du matin au soir sans hiatus.

Cette écope engendre au sol un rideau d'ombre important dont l'impact est majeur puisqu'il rend impossible l'utilisation d'un seul miroir pour indiquer l'heure en masquant le Soleil dans la journée : quelles que soient les positions testées d'un miroir unique par rapport au bâtiment, le tracé est soit limité à quelques lignes horaires occupant une toute petite surface du voile, soit à un éventail horaire très développé mais ne fonctionnant que quelques semaines par an (fig. 7).



Fig. 7 : En fin d'après-midi, la partie Nord-Ouest du voile est éclairée par le Soleil au printemps et en été. On voit ici l'ombre de l'écope de projeter sur la surface ; seule la partie extrême du voile, orientée Nord-Est, est encore dans l'ombre.

Il a donc fallu imaginer un cadran fonctionnant avec deux miroirs : un premier miroir qui capte les rayons solaires le matin jusque vers 14 h solaire. Puis un deuxième miroir qui prend le relais et qui permet d'assurer la continuité dans la lecture de l'heure l'après-midi jusqu'en soirée. Cette solution impose de tracer en fait deux cadrans solaires mais elle assure une répartition équitable du tracé sur toute la surface du voile avec la particularité qu'après le midi solaire, on a deux taches de lumière qui indiquent l'heure simultanément quelques heures, chacune sur une partie du voile de béton.

Pour réaliser ce double fonctionnement, il nous est vite apparu qu'il fallait utiliser un miroir incliné et déclinant. En effet, si l'amplitude du tracé dépend de la position d'un miroir par rapport au mur, il faut également jouer sur les paramètres primaires de la surface réfléchissante. Déterminer la solution idéale a demandé de nombreux tests puisqu'il fallait tracer simultanément les lignes et les arcs diurnes des deux cadrans en cherchant où placer au mieux les miroirs par rapport au voile de béton courbe tout en faisant varier leur inclinaison et leur orientation (fig. 8). L'utilisation du logiciel Pov-ray a été déterminante dans cette étape.



Fig. 8 : Détail du miroir 2 placé sur un bras articulé. Situé à 12,80 m du sol, c'est un miroir de 10 cm de diamètre qui regarde à 10° du Sud vers l'Ouest et est incliné de 4° sous la ligne d'horizon.

Notons toutefois que si l'écope a créé une contrainte majeure, son absence n'aurait pas pour autant supprimé les difficultés. Car un cadran solaire à réflexion se comporte comme un cadran à style droit, avec tous les inconvénients liés à ce type d'indicateur : les limites de l'épure sont vite atteintes !

2 – Influence des montagnes, de l'écope et des miroirs

On ne peut pas négliger, dans la réalisation d'un tel cadran solaire, la limitation de l'éventail horaire provoquée par les montagnes, le surplomb de l'écope et l'instant où les miroirs cessent de réfléchir les rayons solaires. Autrement dit, une discussion minutieuse doit se faire bien en amont des calculs afin d'identifier les causes qui pourraient empêcher que les miroirs captent les rayons solaires.

a) les montagnes

Le bâtiment de l'INES peut être plongé à l'Est dans l'ombre projetée par le Mont Revard et à l'Ouest dans l'ombre projetée par le Mont du Chat. Ces deux chaînes de montagne, sensiblement orientées Nord-Sud, engendrent le matin et le soir un rideau d'ombre dont il convient d'estimer l'importance. Deux paramètres sont à prendre en compte : la distance horizontale de la montagne au bâtiment et leur différence d'altitude. Pour le Mont Revard, on a pris une distance de 7000 m et une différence d'altitude de 1500 m. Pour le Mont du Chat, on a pris une distance de 4526 m et une différence d'altitude de 1230 m.

Le principe de calcul est le suivant : on assimile chaque mont à un mur vertical de hauteur a aligné sur le méridien du lieu ; éclairé par le Soleil, ce mur projette au sol un rideau d'ombre (fig. 9).

On cherche l'angle horaire du Soleil lorsque l'ombre atteint la valeur x (qui correspond ici à la distance du mont au bâtiment) en faisant varier la déclinaison du Soleil.

Ce qui revient à résoudre l'équation :

$$a \sin H - x \cos \phi \cos H = x \sin \phi \operatorname{tg} \delta$$

Au solstice d'été par exemple ($\delta = + 23^{\circ},4333$), l'heure théorique du coucher du Soleil en temps solaire est 19 h 45 m ; mais le Mont du Chat fait qu'à 18 h 13 m, l'ombre recouvre le bâti-

ment, soit une perte d'éclairage d'environ 1,5 heure. Le même jour, le Mont Revard cesse de projeter une ombre sur l'INES à 5 h 28 m alors que le Soleil est théoriquement levé depuis 4 h 15 m (fig. 10).

Fig. 10 : Schéma montrant la perte d'éclairage du cadran le matin en raison de l'ombre projetée par le Mont Revard. ►

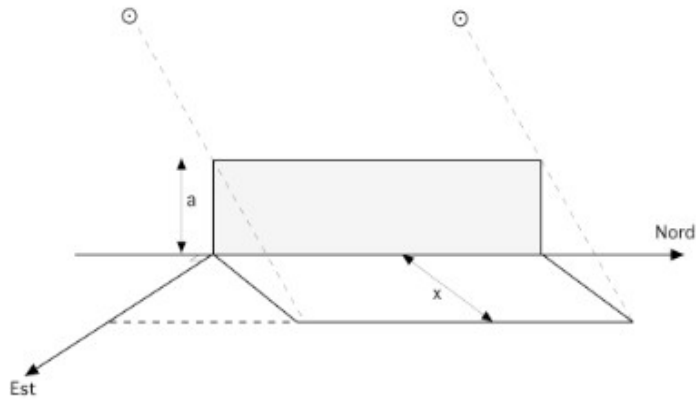
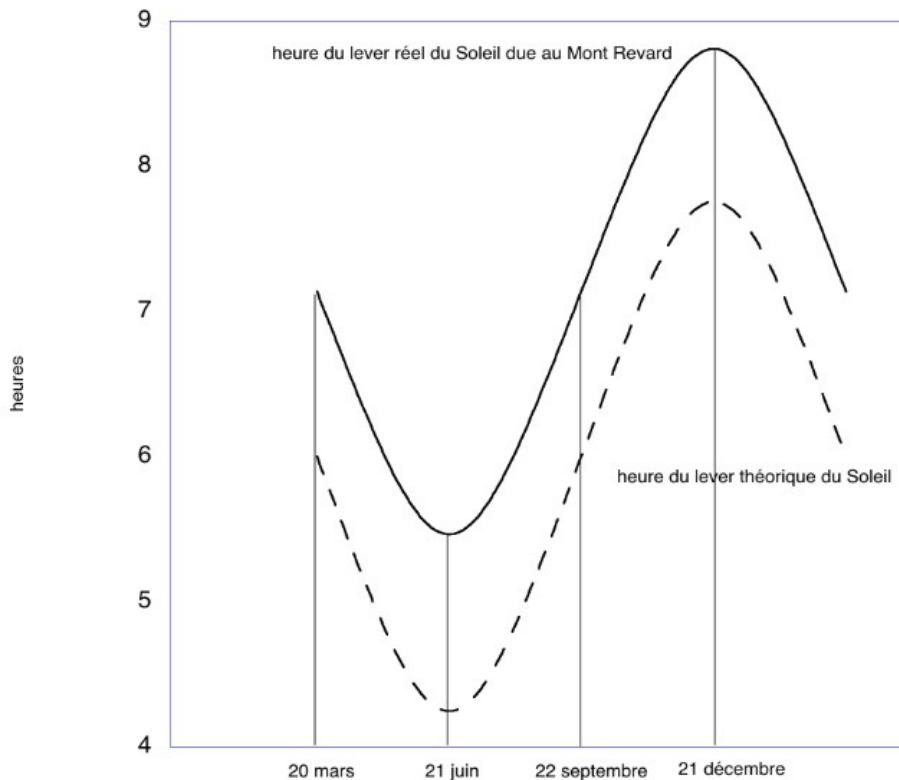


Fig. 9 : Principe du calcul du rideau d'ombre engendré par la montagne sur le fond de la vallée.

Lever du Soleil et Mont Revard



b) l'écope

Le traitement du rideau d'ombre projeté par l'écope est compliqué par le fait que cette structure possède une orientation vers le Nord-Est désaxée par rapport au bâtiment, d'où résulte une inclinaison par rapport au voile. Le but est toujours de chercher l'angle horaire du Soleil à

l'instant où le rideau d'ombre projeté touche un miroir. On raisonne donc au niveau du plan horizontal passant par le miroir en exprimant les coordonnées de l'écope en conséquence.

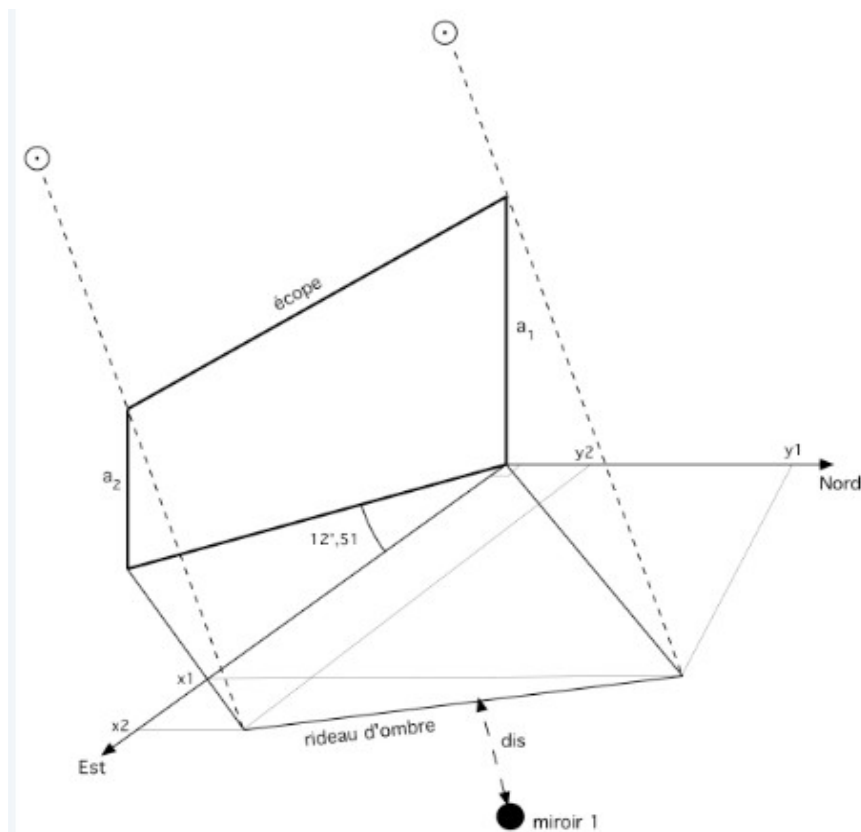
Si l'on connaît les coordonnées x_0 et y_0 du miroir par rapport à l'aplomb du sommet Ouest de l'écope (pris ici comme origine du repère et noté a_1 sur la figure 11), on établit l'équation de la droite que forme le rideau d'ombre horizontal puis on calcule la distance notée *dis* de la droite au miroir. On a la formule classique donnant la distance d'un point à une droite :

$$dis = \frac{y_0 - mx_0 - p}{-\sqrt{1 + m^2}}$$

où m est la pente du rideau d'ombre que l'on calcule par $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ où (x_1, y_1) et (x_2, y_2) sont les coordonnées de l'extrémité de l'ombre des aplombs de l'écope rapportées au même repère origine. On obtient alors $p = -m \cdot x_1 + y_1$. Pour une déclinaison donnée du Soleil, on fait varier l'angle horaire du Soleil de 1° en 1° jusqu'à ce que la quantité *dis* soit quasiment égale à zéro : on détermine donc H par approximations successives. Par exemple en hiver ($\delta = -23^\circ,4333$), on calcule que pour $H = +26^\circ$, l'ombre recouvre l'écope, alors que pour $H = +15^\circ$, elle s'en trouve à 3,44 m.

Bien entendu, pour des raisons esthétiques, certaines lignes horaires et certains arcs ont été légèrement prolongés (c'est le cas par exemple de l'arc du solstice d'hiver sur le mur 1 qui va jusqu'à la ligne 14 h).

Fig. 11 : Principe du calcul du rideau d'ombre engendré par l'écope qui recouvre le miroir 1.



c) les miroirs

Enfin, il convient de prendre en considération l'éclairement même des miroirs, car le Soleil peut passer dans leur plan – et donc derrière –, ce qui provoque l'extinction de la tache de

lumière. Chaque miroir se comporte en fait comme un plan incliné et déclinant et il faut vérifier pour une date et une heure données si ce plan est éclairé et donc si le miroir fonctionne (fig. 12).

On utilise pour cela une routine décrite dans *La Gnomonique*² où l'on fait varier l'angle horaire en testant simultanément le facteur Q et la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon.

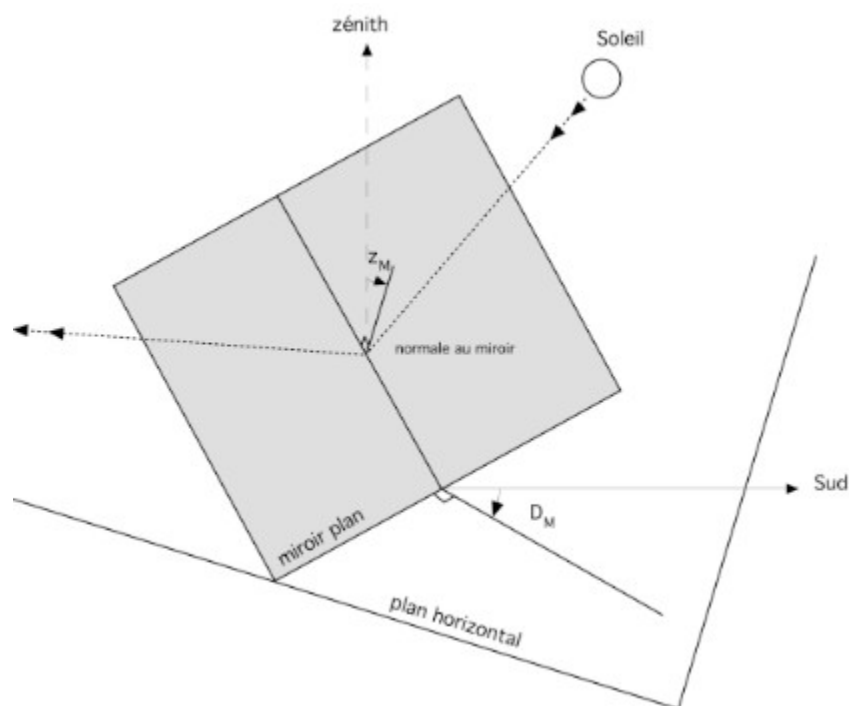


Fig. 12 : Paramètres d'un miroir plan incliné et déclinant. ►

Par exemple pour le miroir 2 (*cf. infra*), que l'on peut considérer comme un plan de déclinaison gnomonique $D = + 10^\circ$ et dont la distance zénithale de la normale au plan vaut $z = 94^\circ$, on montre qu'en été ($\delta = + 23^\circ,4333$), Q devient négatif pour $H = + 77^\circ$ (le Soleil se trouvant à une hauteur de $26^\circ,073$ au-dessus de l'horizon). Ce qui signifie que l'arc du solstice d'été ne peut aller au-delà de ce point.

Ce sont ces trois causes (montagnes, écopé, miroir) qui expliquent pourquoi les lignes d'heures et les arcs diurnes commencent et s'arrêtent à ce qui pourrait être pris comme des raisons purement esthétiques. Ajoutons une ultime contrainte : le côté Ouest du bâtiment est flanqué d'une série de panneaux en verre qui tournent au cours de la journée et qui se prolongent latéralement au-delà du voile de béton. Il a donc fallu placer le miroir 2 à un endroit où ces panneaux ne fassent pas interférence.

3 – Calcul des lignes horaires et des arcs diurnes

Il convient de préciser que la lasergrammétrie a fourni des coordonnées extrêmement précises de la surface du voile de béton et que malgré tout le soin apporté lors du coulage, la surface n'est pas complètement homogène. Il a donc fallu établir une surface moyenne dont le plus grand écart à la surface réelle est de 2 cm en valeur absolue, ce qui est remarquable.

Pour des raisons pratiques, on a choisi comme origine générale des coordonnées le centre du rayon de courbure du cylindre passant par le sommet du voile³ : par ce point appelé O, on a défini un repère orthonormé, l'axe des y étant dirigé vers le Nord géographique, l'axe des x vers

² D. Savoie, *La Gnomonique*, Les Belles Lettres, Paris, 2007, p. 92-95.

³ Le z-cartographique du sommet du voile = 247,940.

l'Est et l'axe des z vers le zénith. Comme l'implantation des points sur le cadran a été faite par un théodolite laser calé sur les coordonnées Lambert (les seules utilisées par les géomètres-topographes), il a fallu travailler dans deux systèmes de coordonnées : coordonnées astronomiques et coordonnées Lambert, sachant que l'angle de convergence des méridiens vaut $2^{\circ} 1' 58''$ à l'INES.

Il a également fallu déterminer précisément les points de jonctions entre les deux parties planes et le cylindre, J1 étant le point de jonction entre le mur 1 et le cylindre et J2 le point de jonction entre le cylindre et le mur 2 (fig. 13).

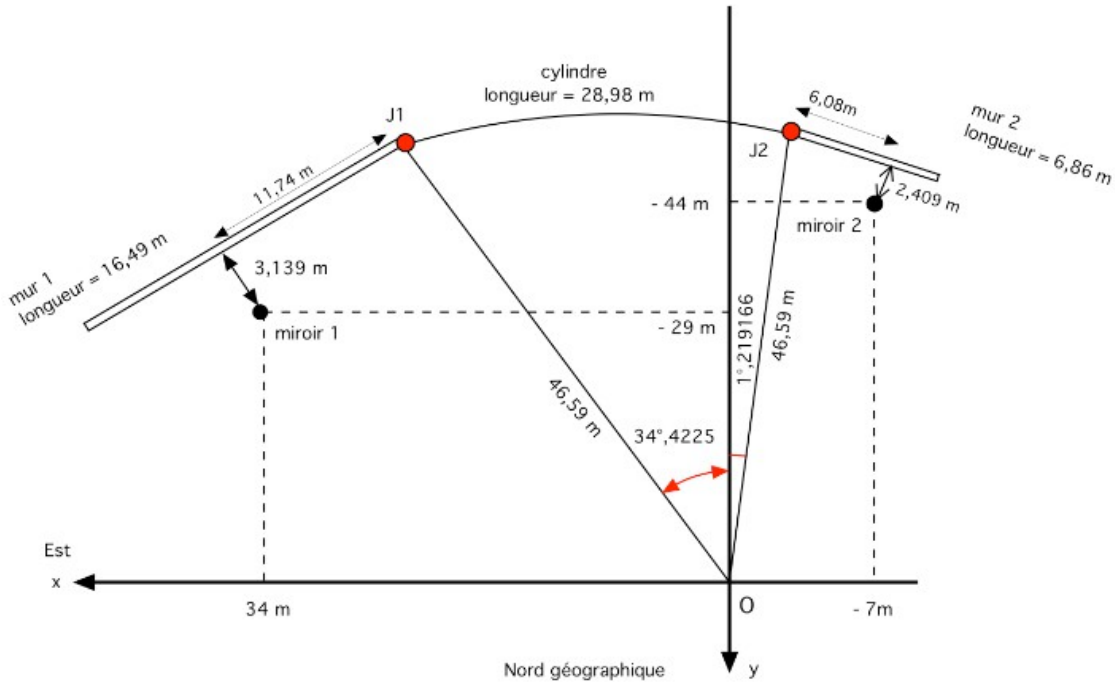


Fig. 13 : Schéma montrant la position des miroirs par rapport au voile de béton.

L'importance de ces points est liée au fait que lorsque l'on calcule les coordonnées des lignes horaires et des arcs, il faut connaître où se fait la transition afin de ne pas calculer des points sur un plan alors que l'on est sur un cylindre (fig. 14).

Fig. 14 : Sur cette photo prise peu de temps que les coffrages du voile aient été retirés, on devine à peine la jonction entre la partie plane du voile et la partie cylindrique. ►

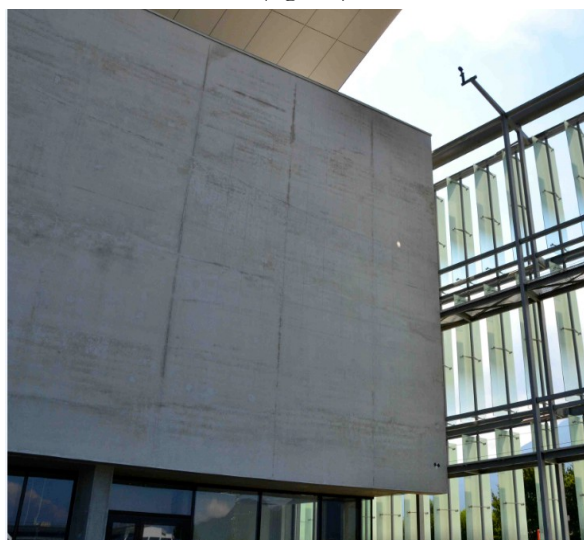


Après de nombreux ajustements, on a fixé la position des miroirs et leurs caractéristiques qui sont les suivantes, en appelant D_M sa déclinaison gnomonique (azimut de la normale au

miroir) et z_M la distance zénithale de sa normale⁴ ($z_M = 0^\circ$ pour un miroir horizontal, $z_M = 90^\circ$ pour un miroir vertical) :

Miroir 1	Miroir 2
$D_M = -24^\circ$ $z_M = 88^\circ$ coordonnées depuis O : $x_0 = 34$ m $y_0 = -29$ m $z_0 = 0,14$ m distance du miroir 1 au mur 1 = 3,139 m	$D_M = 10^\circ$ $z_M = 94^\circ$ coordonnées depuis O : $x_0 = -7$ m $y_0 = -44$ m $z_0 = 0,14$ m distance du miroir 2 au mur 2 = 2,409 m

On notera que les deux miroirs, de 10 cm de diamètre chacun, sont situés à la même altitude ; le miroir 1 est placé en haut d'un mat d'environ 12 m de haut implanté devant l'entrée principale sur la partie Est (fig. 15). Quant au miroir 2, il est plus difficile à repérer puisque situé en hauteur à l'extrémité d'un bras articulé sur le bord latéral du mur 2 (fig. 16).



▲ Fig. 16 : Vu du sol, le miroir 2 est très discret. Il est fixé à la structure métallique latérale qui supporte des panneaux de verre qui tournent au cours de la journée pour équilibrer la température dans le bâtiment.

◀ Fig. 15 : Vue depuis la partie Est du bâtiment du cadran solaire. Au premier plan, un mât de plus de 12 m haut supporte le miroir 1 qui renvoie une tache solaire bien visible sur le haut du cadran (photo Mathieu Ducros).

Chaque miroir peut être considéré comme l'extrémité d'un style droit \underline{a} perpendiculaire au mur ; les coordonnées (x_c, y_c, z_c) de la tache de lumière, rapportées à O, s'obtiennent par :

⁴ Si le miroir est légèrement incliné du côté Nord, on aura par exemple $z_M = 3^\circ$ et $D_M = 180^\circ$; au contraire s'il est incliné vers le Sud, on aura $z_M = 3^\circ$ et $D_M = 0^\circ$.

$$x = a \operatorname{tg}(A' - D) \qquad y = a \qquad z = -a \frac{\operatorname{tg} h'}{\cos(A' - D)}$$

$$\begin{aligned} x_c &= [x \cos D + y \sin D] + x_0 \\ y_c &= [-x \sin D + y \cos D] + y_0 \\ z_c &= z + z_0 \end{aligned}$$

où A' et h' sont respectivement l'azimut et la hauteur du Soleil réfléchis par un miroir (*cf. infra*) et D la déclinaison gnomonique du mur.

La particularité d'un cadran vertical à miroir incliné et déclinant est que la ligne midi n'est pas verticale et que cette inclinaison est indépendante de la latitude du lieu. En appelant i cette inclinaison de la ligne midi par rapport à la verticale du mur, on démontre que :

$$\operatorname{tg} i = \cot z' / \sin(D - D')$$

avec $\cos z' = \sin 2z_M \sin |D_M|$

et $D' = D_M - \beta'$ avec $\operatorname{tg} \beta' = -\cot D_M / \cos 2z_M$

Si i est négatif, la ligne de midi est située à gauche de la verticale descendante et à droite si i est positif.

Sur le cylindre de rayon R , les coordonnées (x_c, y_c, z_c) de la tache de lumière, rapportées à O , s'obtiennent par :

$$A = \cos^2 h' \quad B = 2[(\cos h' \sin A') x_0 + (\cos h' \cos A') y_0] \quad C = x_0^2 + y_0^2 - R^2$$

$$\rho = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$\begin{aligned} x_c &= \rho \cos h' \sin A' + x_0 \\ y_c &= \rho \cos h' \cos A' + y_0 \\ z_c &= -\rho \sin h' + z_0 \end{aligned}$$

Pour résoudre le problème des coordonnées horizontales du Soleil réfléchies par un miroir plan de déclinaison gnomonique D_M et de distance zénithale z_M , on procède de la façon suivante : soient A et h respectivement l'azimut et la hauteur du Soleil à un instant donné et A' et h' respectivement l'azimut et la hauteur de l'image du Soleil réfléchis par le miroir incliné et déclinant.

Si ϕ est la latitude du lieu, δ la déclinaison du Soleil et H son angle horaire, on a :

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

$$\operatorname{tg} A = \sin H / (\sin \phi \cos H - \cos \phi \operatorname{tg} \delta)$$

A étant du même signe que H .

Calculons les quantités suivantes :

$$\cos \zeta_M = \cos z_M \sin h + \sin z_M \cos h \cos (A - D_M)$$

ζ_M étant l'angle entre la normale au miroir et la direction du Soleil.

$$\operatorname{tg} \psi_M = \sin (A - D_M) / [\sin z_M \operatorname{tg} h - \cos z_M \cos (A - D_M)]$$

si $(A - D_M) < -180^\circ$ alors ajouter 360°

si $(A - D_M) > 0$ et $(\psi_M < 0)$ alors ajouter 180°

si $(A - D_M) < 0$ et $(\psi_M > 0)$ alors soustraire 180°

La hauteur h' du Soleil réfléchi s'obtient par :

$$\sin h' = \cos z_M \cos \zeta_M - \sin z_M \sin \zeta_M \cos \psi_M$$

L'azimut A' du Soleil réfléchi est égal à $(D_M - \beta)$, avec :

$$\operatorname{tg} \beta = \sin \psi_M / (\sin z_M \cot \zeta_M + \cos z_M \cos \psi_M)$$

si $(\sin \psi_M) > 0$ et $(\beta < 0)$ alors ajouter 180°

si $(\sin \psi_M) < 0$ et $(\beta > 0)$ alors soustraire 180°

4 – Réalisation technique

Une fois l'ensemble des lignes et des courbes calculées et transmis sous forme de fichiers où les coordonnées ont été transformées en repère cartographique Lambert, a commencé la phase de tracé des points sur le voile. Comme toujours, cette étape a été précédée par une période cruciale de tests ; il a d'abord fallu orienter les deux miroirs par rapport au Sud géographique puis les incliner avec une précision inférieure au degré. Ces deux réglages sont d'une importance capitale puisqu'il est facile de montrer qu'une petite variation en orientation ou en inclinaison provoque un déplacement important de la tache de lumière, et ce d'autant plus que l'on travaille sur des heures extrêmes.

On a d'abord tracé sur les deux murs un quadrillage temporaire de carrés de 50 cm x 50 cm ; un algorithme de calcul permettait de calculer en direct à quel instant précis (de l'ordre de la seconde de temps) la tache de lumière devait couper une verticale du quadrillage et sa distance au centimètre près au sommet du voile (fig. 17). On a également vérifié à quel instant la tache quittait le mur 1.

Fig. 17 : On voit nettement le quadrillage temporaire qui occupe la surface du voile. A un



instant donné, on mesure la position de la tache en abscisse et en ordonnée afin de tester la position du miroir. L'écart entre le calcul et l'observation doit être inférieur au centimètre.

En supposant que les miroirs sont correctement placés par rapport au voile, nous sommes arrivés à la conclusion que l'on pouvait orienter (en azimut et en inclinaison) chaque miroir en une seule fois, en partant du principe que pour un jour et une heure donnés, la tache de lumière ne peut occuper qu'une seule position. Ayant déterminé le point sur le mur où doit se trouver la tache, il suffit d'orienter à la main le miroir de façon à focaliser la tache au bon endroit. Les lignes horaires et les courbes des dates ont ensuite été gravées à même le béton brut, travail particulièrement long et difficile (fig. 18 et 19). La courbe la plus haute est décrite par la tache de lumière au solstice d'hiver (21 décembre), la plus basse au solstice d'été (21 juin). La droite transversale est décrite aux équinoxes (20 mars et 22 septembre). Les autres arcs correspondent à l'entrée du Soleil dans les signes du zodiaque. Entre le solstice d'hiver et les équinoxes, on a : 20 janvier (Verseau) et 22 novembre (Sagittaire) ; 19 février (Poissons) et 23 octobre (Scorpion). Entre les équinoxes et le solstice d'été, on a : 20 avril (Taureau) et 23 août (Vierge) ; 21 mai (Gémeaux) et 23 juillet (Lion).



Fig. 18 : Une fois les lignes horaires et les courbes des dates implantées à l'aide d'un théodolite laser commence le difficile travail de gravure sur le béton, ici sur le cadran solaire du matin.



Fig. 19 : Détail de la gravure du béton à la défonceuse. C'est un travail minutieux et particulièrement difficile qui s'est étalé sur plusieurs semaines en raison de la longueur de l'ensemble des lignes horaires et des courbes.

Enfin les mots *Hiver*, *Equinoxe* et *Eté* ont été ajoutés aux chiffres romains qui indiquent les heures qui vont de 6 h à 14 h pour le miroir 1 (fig. 20) et de 13 h à 17 h pour le miroir 2. Un cartel situé au pied du cadran donne aux visiteurs toutes les informations sur le cadran et la façon de convertir l'heure solaire en heure légale des montres.

Cet aspect dépouillé, voire épuré, du réseau de lignes et de courbes sur cette immense surface de béton brut, rend particulièrement bien visible les taches de lumière qui semblent apparaître puis s'évanouir comme par magie au cours de la journée (fig. 21, 22, 23). Que l'on soit au pied du cadran ou à plus grande distance de ce bâtiment Hélios, on ne se lasse pas d'admirer la tache lumineuse qui progresse dans l'ombre et qui s'intègre parfaitement à l'architecture.

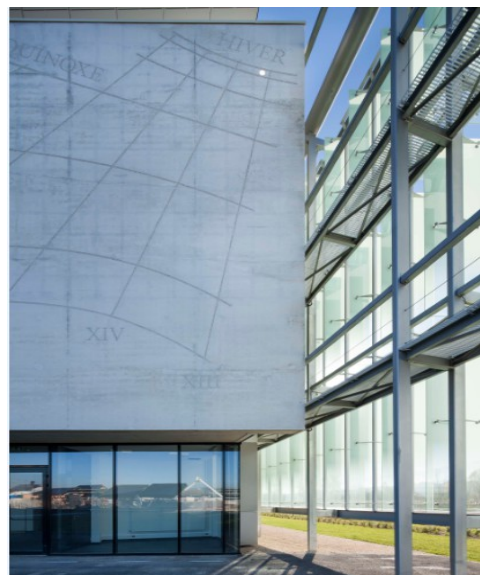
Ce cadran solaire à réflexion, sans doute le plus grand jamais construit, habille harmonieusement et intelligemment ce superbe bâtiment de l'INES (fig. 24) et s'inscrit dans la philosophie du lieu, à savoir un centre de référence dans le domaine du Soleil.



▲ Fig. 20 : Cadran du matin pris en photo quelques jours avant le solstice d'hiver : la tache de lumière indique 10 h 15 m temps solaire vrai (photo Mathieu Ducros).

Fig. 21 : Détail de la tache de lumière située sous l'arc hyperbolique du solstice d'hiver (photo Mathieu Ducros). ►

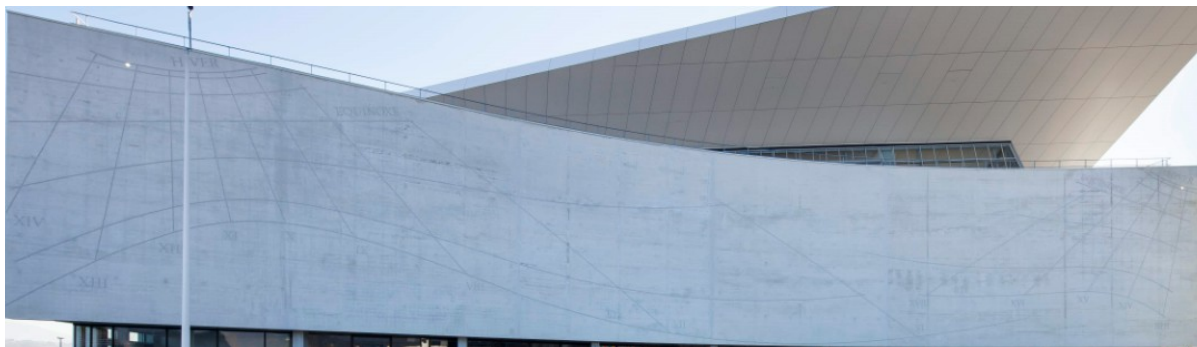
Fig. 22 : Sur cette photo du cadran du matin prise au mois de décembre, on voit la tache de lumière projetée par le miroir 1 situé en haut du mât (photo Mathieu Ducros). ▼



▲ Fig. 23 : Cadran de l'après-midi indiquant 13 h 15 m au Soleil peu de temps avant le solstice d'hiver (photo Mathieu Ducros).



Fig. 24 : Vue générale du cadran solaire à réflexion.
On voit ici les deux taches de lumière qui indiquent 13 h 15 m temps solaire vrai en décembre
(photo Mathieu Ducros).



Remerciements à C. Blondeau (Géode Géomètres-Experts, Chambéry),
N. Contat (Entreprise Langain BTP), M. Ballet et F. Nicolas (Agence Frédéric Nicolas).

Les photos sont sous copyright. Reproductions interdites





Cadran chrétiens Palestine byzantine

Denis Schneider

A partir de l'étude de Shaul Adam parue en septembre 2002 dans le bulletin de la British Sundial Society (14/III) sur les anciens cadrans trouvés en Israël, Denis Scheiner nous présente quatre cadrans chrétiens palestiniens de l'époque byzantine

Au VIème siècle, dans tout l'Empire byzantin, de la côte atlantique du Maroc à l'Euphrate, Justinien fit construire des églises qui reprenaient le style des basiliques de Constantinople.

Si l'Afrique du Nord était l'héritière de l'Eglise de Rome et de ses institutions ecclésiastiques, la Palestine était le berceau du christianisme et les monastères qui s'y multiplièrent hébergeaient les pèlerins et, rappelaient pour certains établissements, le lien qui les rattachait à un épisode de l'Histoire Sainte.

Avec le schisme né des grands conciles qui étaient chargés de fixer le dogme, de vives réactions surgirent, en particulier en Syrie occidentale, quant au vocabulaire définissant la Trinité et la nature du Christ, en consommant la rupture entre le christianisme romano-byzantin et l'Orient chrétien. L'Orient refusa l'homéisme (le Fils semblable au Père) adopté à Nicée (325). Après le concile de Chalcédoine (451), les grands monastères de Palestine devinrent, en Orient, le refuge de l'orthodoxie, y jouant un rôle de premier plan.

J'ai repris l'étude de Shaul Adam parue en septembre 2002 (BSS 14/III) sur les anciens cadrans trouvés en Israël en me limitant aux quatre cadrans chrétiens palestiniens de l'époque byzantine, cadrans sphériques présentant tous douze secteurs égaux. La photo 1 montre comment ils se distribuent sur la carte où figurent les trois subdivisions administratives de la Palestine créées autour de l'an 390. Je me suis penché sur le contexte religieux en portant principalement mon attention sur le cadran du Kastellion.

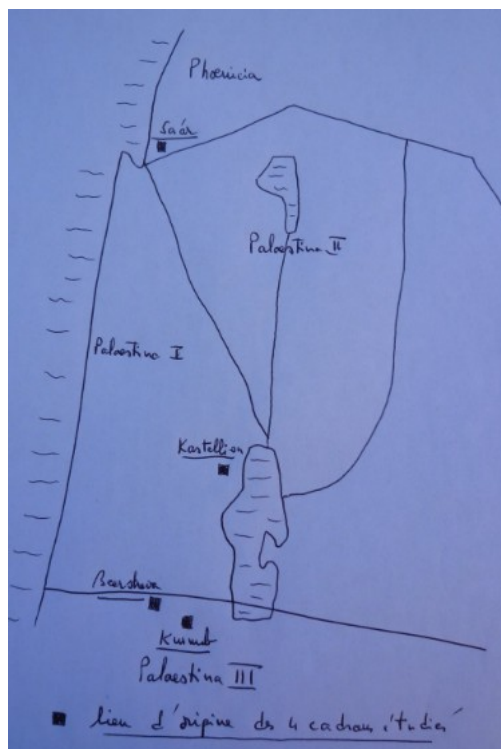


Photo 1 : distribution des cadrans

- Cadran du Kastellion

Au sein de la Judée, devenue romaine en 63 av.J.C., dont bien des collines s'étaient couvertes depuis de forteresses pour lutter contre les Bédouins, le désert de Judée s'étire du nord au sud sur quarante km, limité à l'est par le Jourdain et la Mer Morte et à l'ouest par Jérusalem ; sur cet espace désertique se fixèrent des moines qui ne sont pas des Palestiniens d'origine mais qui provenaient des régions orthodoxes de l'Empire, fidèles au chalcédonisme, chaque monastère étant à moins d'une journée de marche de Jérusalem.

Saint Sabas, cappadocien d'origine, y poursuivit, fin V^{ème}-début VI^{ème} siècles, l'œuvre de ses prédécesseurs, Chariton et Euthyme, en y créant la Grande Laure (ensemble de cellules indépendantes pour les moines). Elle était entourée de sept autres monastères dont le coenobium (vie en commun des moines) du Kastellion qui remplaça l'ancienne place forte fouillée en 492 par saint Sabas. C'est à l'occasion de ces fouilles qu'il avait découvert une grande salle au toit effondré et l'avait restaurée (Ph.2 et 3).



Photo 2 : Monastère de Castellion ou Tour d'Eudox

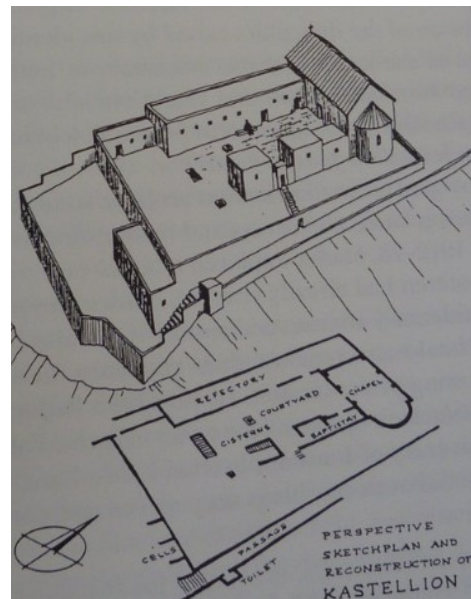
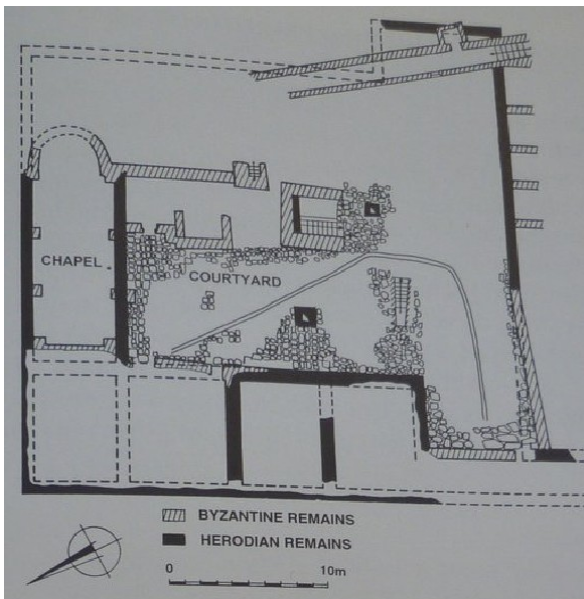


Photo 3 : Kastellion plan et reconstruction

Le Kastellion est situé à quatre km au nord-est de la Grande Laure et son nom, qui trahit une origine romaine, semble bien s'identifier avec la forteresse Hyrcania de l'époque des Hérodes, sur la colline appelée « Mardes », d'où le nom actuel de Khirbet-el-Mird. Le Kastellion était encore en activité lorsque Jean Moschos le visita à la fin du VI^{ème} siècle parmi plus de vingt-cinq établissements et en parle dans son livre « Le Pré Spirituel » alors que le chanoine Siméon Vailhé, en 1899, en dénombre soixante. Léonce, à la fin du VIII^{ème} siècle, dans « La vie de saint Etienne le Thaumaturge », parle encore du Kastellion en activité, deux siècles après l'invasion musulmane.

Quelle surprise lorsque je mis la main sur l'article de Andreas Evaristus Mader dans le « Journal of the Palestine Oriental Society » paru en 1929 : non loin du dessin plusieurs fois recopié (Joseph Patrich en 1995) et dont le premier est redevable au Père bénédictin Maurice Gisler (Ph.4 et 5) figurait la photo du cadran (Ph.6) et je mesurais l'intérêt de la confrontation entre les deux.

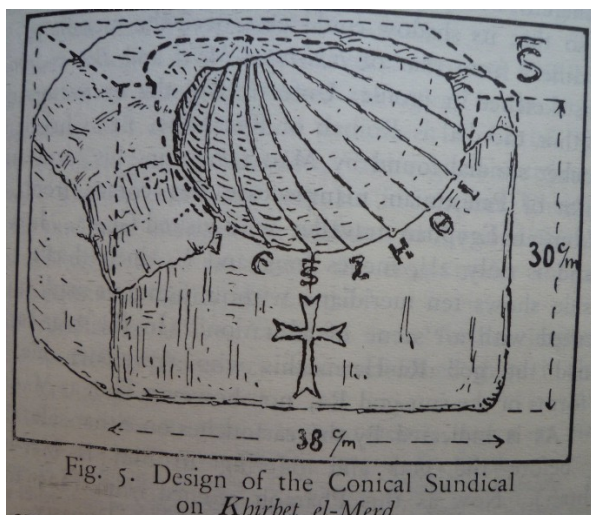


Photo 4

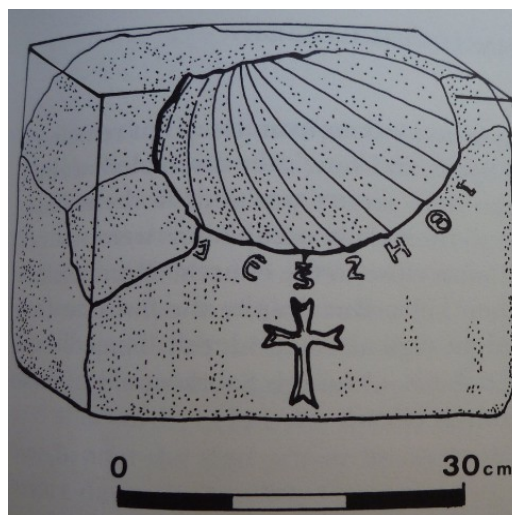


Photo 5



Photo 6 :

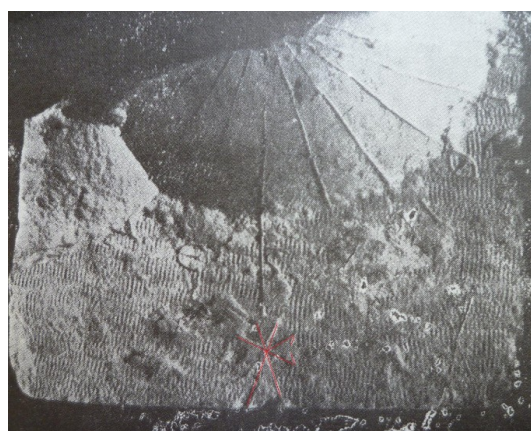


Photo 7 : avec repérage de la croix de Malt

Plusieurs distorsions étaient relevées, confirmées ou précisées par le byzantiniste Denis Feissel : sur le dessin, entre epsilon et zêta, une curieuse lettre semblait se superposer à une petite croix... Sur la photo, on voit, à droite de la ligne méridienne prolongée sur la face verticale du cadran, la lettre stigma surmontée d'un trait horizontal, lettre qui dans la numération milésienne (700 av.J.C.) valait le chiffre 6.

Deuxième distorsion, minime, sur le dessin, le thêta est arrondi. Dernière distorsion, plus sérieuse, les bras de la croix, sur la photo, sont très évasés et l'agrandissement du bras droit (Ph.7) confirme que les extrémités des bras évasés devaient être bifides. Cela ressemblerait à une croix de Malte si le bras inférieur n'était pas plus long que les autres,

rangeant cette croix dans la typologie des croix latines ce qui ne veut nullement dire qu'elle participait à un rite latin, comme me l'a fait remarquer Brigitte Pitarakis du CNRS. Restait à savoir si on connaissait d'autres croix semblables. J'ai trouvé dans le Dictionnaire d'Archéologie Chrétienne et de Liturgie (Ph.8) une croix s'y apparentant, ceci ayant été confirmé par Denis Feissel et qui est, non pas la croix de Justin I comme il est écrit dans le DACL, mais la croix de Justin II, successeur de Justinien. Justin II régna de 565 à 578 et le cadran est estimé être du VI^{ème}



siècle. Justin II tenta lui aussi sans succès de rallier monophysites et orthodoxes.

Cadran de Beersheva (Bersabée ; Bir es-Saba)

Comme le rappelle Pierre Loti, l'expression « de Dan à Bersabée » revient souvent dans la Bible, signifiant « Dans la Judée tout entière ». Bersabée est donc situé à la limite sud de la Terre Sainte au sud-ouest d'Hébron et, à l'époque byzantine, elle était incluse dans la Palaestina Tertia. L'étymologie de Beersheva signifie le « Puits du serment » ou le « puits des sept (brebis) », rappelant un pacte conclu entre Abraham et Abimélek. Ce site d'échanges joua aux époques romaine et byzantine le rôle d'une garnison avancée à la limite du désert et fut le siège d'un évêché de la Palestine III^{ème}.

Ce grand bourg possédait deux églises. Le cadran de Beersheva est le seul cadran chrétien de la Palestine byzantine à n'être connu que par un croquis fait par Abel dans la Revue biblique de 1903 (photo 9), croquis repris par le DACL en 1910 (photo 9bis). Mader compare le cadran du Kastellion avec celui de

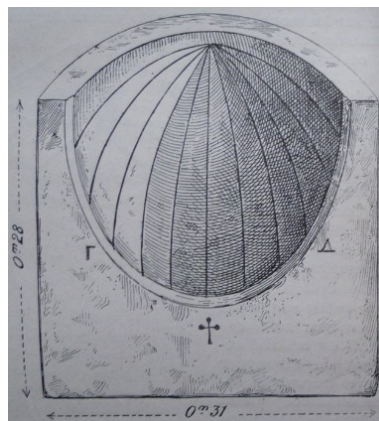


Photo 9bis

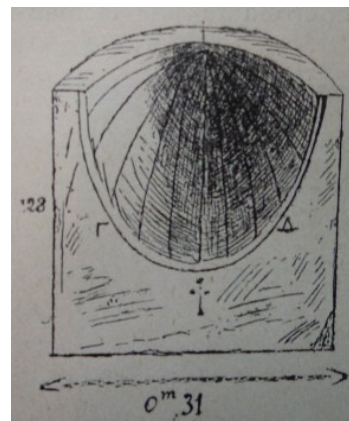


Photo 9

Beersheva en notant, sans s'étonner davantage, que la lettre delta ne se trouve pas du même côté. J'ai déjà eu l'occasion d'écrire que le dessinateur, là encore, a dû se tromper, mal interpréter cette deuxième lettre et la prendre pour celle qui suit le gamma dans l'alphabet numérique sans comprendre qu'il s'agissait de la 9^{ème} heure et donc du thêta...

Une petite croix au bras inférieur plus long que les autres marque la 6^{ème} heure. Les trois autres bras sont boutonnés.

Cadran de Curnub (Kurnub)

Curnub est le nom arabe d'un village, rebaptisé par les Israéliens Mampsis (Mamshit), bâti sur un monticule isolé entouré de murs, au sud-est de Beersheva dans la Palestine III^{ème}. C'était l'un des complexes les plus monumentaux du Neguev. Le cadran a été daté du V^{ème} siècle (Ph.10).

Les lignes des trois petites heures de l'Office divin sont prolongées hors de la section sphérique du cadran et gravées chacune au milieu d'une saillie d'où partent, pour les 3^{ème} et 9^{ème} heures, les nervures montantes d'une palme et, pour la 6^{ème} heure, les bras horizontaux sans doute rainurés, d'une croix dont le bras inférieur est aussi plus long que les autres. Il y aurait donc une croix finement gravée sur la croix en relief. Cette croix centrale correspond à la 6^{ème} heure, heure de la crucifixion, symbole uniquement de la



Photo 10

Rédemption chez les orthodoxes, et non aussi de la Passion puisque le Crucifié n'y est jamais représenté.

Cadran de Sa'ar

Nous remontons vers la Syrie, en Phénicie maritime, à la hauteur du lac de Tibériade. Si la Palestine avait résisté au monophysisme, il n'en alla pas de même pour la Syrie et ses environs dont il fut le signe du séparatisme vis-à-vis de la domination byzantine. Au V^{ème} et VI^{ème} siècles, après le débat sur le mystère de la Trinité, ce fut celui sur l'Incarnation qui suscita des interrogations servant à défier l'Eglise byzantine dyophysite (un seul Christ en deux natures).

La nature divine du Christ y prenait le pas sur sa nature humaine. Les jacobites, disciples de Jacques de Barradée, du nom de Bar Addaï signifiant « guenilles » sous lesquelles il se cachait dans ses déplacements, n'admettaient dans le Christ que l'aspect divin et le définissaient par une triple unicité : une personne, une nature, une volonté, toutes divines. Il y eut désormais, pour certains sièges, à la fois un évêque chalcédonien, seul reconnu par les autorités impériales et un évêque monophysite.

Le cadran de Sa'ar est le seul des quatre cadrans dont la localisation actuelle soit connue et il est encore sur les lieux de sa découverte. Il repose sur un fût porté par un socle, pas forcément d'origine.

La face ouest (Ph.11) est creusée de trois dépressions circulaires, chacune contenant une boule, alignées sur une horizontale basse. Peut-on y voir une



Photo 11 : vue Ouest

illustration du courant jacobite dans le monophysisme syrien avec la triple unicité du Christ ?

La face Est (Ph.12) est creusée d'un évidement circulaire circonscrivant une croix grecque en affleurement, de trois dépressions identiques à celles de la face ouest mais disposées en triangle. Shaul Adam posait la question de la Trinité symbolisée.

Dans la partie inférieure de la pierre, un bourrelet est visible sur les faces latérales et devait la circonscrire.

On voit (Ph.13 et 14) non seulement que les secteurs horaires se terminent en arcs de cercle, leur donnant une allure de pétales, mais aussi qu'ils naissent dans une dépression semi-circulaire à court rayon pour renforcer l'esthétisme sinon l'aspect floral du cadran. Une encoche profonde prolonge la 6^{ème} heure.



Photo 12 : vue Est ►



◀ Photo 13

Photo 14 ▲

Aux V^{ème} et VI^{ème} siècles, les cadrans chrétiens connus sont de type sphérique ; on n'en connaît aucun dans l'Europe dévastée où le monachisme n'est pas aussi développé qu'en Palestine qui a offert par chance ces quatre spécimens. Pour ces cadrans, comme pour celui de Carthage, je pencherais davantage pour l'emprunt de la chrétienté au monde universaliste gréco-romain plutôt que pour un maillon intermédiaire avec le Moyen Âge dans l'entrée duquel on quitte l'influence du bassin méditerranéen pour se centrer sur l'Europe continentale.

On ne peut cependant exclure l'existence d'un lien entre les cadrans sphériques byzantins d'avant le VI^{ème} siècle et les cadrans plans verticaux byzantins des VIII-IX^{èmes} siècles puis de ces derniers avec les cadrans canoniaux.





Aux quatre vents des cadrans solaires

Jean Scordia

Cet article est dans la continuité de celui publié dans Cadran Info N°28 : "Déchiffrement".

Nous en profitons pour signaler les corrections à apporter aux pages :

° 146 : FA (Fabrique, équivalent du maire dans une paroisse ancienne) a été traduit par "Fabriqué".

° 146 : Il faut remplacer un Y par un I'

° 149 : Il faut remplacer "tc" par π et "y" par γ :

° 149 : Il faut remplacer H par un N inversé

° 149 : Il faut remplacer v par un l renversé, de même un autre v par un 4 inversé

° 150 : le OC de OCCASVM est à lire OC[©]

Afin d'éviter le même type d'erreurs avec le présent article :

° les pages comportant de nombreux signes, symboles, ajouts manuels... sont un copié/collé de la numérisation du texte original sur papier et adapté au format de la revue.

° dans la version *Cadran Info* sur CD, est disponible en annexe la numérisation du texte original, au format original.

Inscriptions des Roses des vents et boussoles des cadrans solaires anciens.

Où Eole côtoie Hélios, de l'origine et de l'explication de quelques termes et abréviations souvent de langues étrangères.

La présence d'une *rose des vents* ou d'une *boussole* sur un cadran solaire ancien est rare, excepté sur les cadrans portatifs horizontaux, les équatoriaux universels. Ecartons-nous quelques minutes des lignes horaires, des styles et des devises, pour fixer notre attention sur l'image de cette « rose » et le petit boîtier cylindrique vitré, qui paraissent insignifiants.



La boussole comporte le dessin d'une *rose des vents* et des lettres majuscules correspondant aux points cardinaux. On rencontre parfois la rose des vents sur des cadrans contemporains verticaux et sur le socle du gnomon de quelques horizontaux monumentaux. Les lettres majuscules indiquant la direction d'un point cardinal ou d'un vent sur un cadran, une rose ou une

boussole (une initiale, une abréviation d'un mot de langue française, anglaise, italienne, latine, etc.) posent parfois le problème de leur déchiffrement. Nous devinons sans difficulté la direction indiquée par la lettre mais pas immédiatement le terme étranger qui se cache sous une **initiale**.

Voyons ci-après quelques cas propres aux XVI^e et XVIII^e siècles.

Le point de départ de l'étude et des recherches sur ce sujet a été la vue d'une sorte de cadran d'horloge situé sur un musée donnant sur le site de la tour penchée de Pise, en Italie. On n'y lisait pas des chiffres mais des mots abrégés ! Un millier de paires d'yeux observait l'inclinaison de la tour (du haut de laquelle Galilée, natif de la ville, jeta ses boules) ; dans le sens opposé, une paire observait le curieux cadran.

Mais qu'était-ce donc cette chose bizarre ? On me dit que c'était une « horloge *saisonnier* ». J'ignorais l'existence d'un tel instrument, différent d'une horloge astronomique ou d'un astrolabe. J'ignore si ce vocable « *saisonnier* » convient. Ne comprenant pas suffisamment l'italien pour saisir le sens des termes abrégés peints sur deux cercles concentriques, je pensai qu'ils indiquaient les quatre saisons et leurs intermédiaires, en supposant que l'aiguille unique n'effectuait qu'une seule rotation annuelle. C'était faux.



Plus tard, l'explication me vint dans une autre ville située non loin de là, où vécu le déjà cité Galilée : Florence.

La visite du *musée Galilée* (nouveau nom de l'institut de l'Histoire des Sciences florentin) m'apprit l'existence de l'*anémoscope* (ou anémomètre ou bien *anémographe*, des termes plus connus) : il s'agit donc d'une *horloge des vents*, dotée d'une girouette placée sur une tour et qui par un système de tiges et engrenages transmet le mouvement à une aiguille, celle-ci indique la direction du vent.

Le cadran n'est pas une rose des vents en forme d'étoile mais un cadran d'horloge où des lettres remplacent les chiffres.

Dans le dernier quart du XVI^e siècle, l'astronome italien E. Danti dessina et réalisa au moins deux anémoscopes, au cadran horizontal, placé au plafond d'une salle. La partie supérieure externe de ce genre d'instrument rappelle la *Tour des Vents d'Athènes* et sa girouette, sans les cadrans solaires.

Quand au sens des lettres peintes, il fallut faire d'autres recherches livresques.



NB : les pages suivantes sont la numérisation du texte original sur papier, reformaté.

✧ L'APPELLATION DES VENTS

Les Anciens ont tôt observé que, en suivant le rythme des saisons, les vents soufflent d'une direction dominante ; ils notèrent que le vent froid venait en général du Nord, le chaud du Sud, l'humide de l'Ouest et le sec de l'Est. Ces vents furent souvent des divinités. Les noms de ces divinités ou vents se sont conservés dans le vocabulaire, ils sont inscrits sur des instruments. Au départ, les quatre points cardinaux sont désignés par quatre vents, puis on trouve six vents ; la *rose des vents* s'enrichira : dix puis douze vents au temps des Latins. Plus tard, on atteindra le maximum de 32 vents ou directions. Les angles entre ces directions passeront de 90° à 45°, 30° (une étoile à douze pointes), 22°30', 15° (seize pointes) et finalement 11°15' (trente-deux pointes : l'angle entre deux de ces divisions sera appelée « **quart** » de vent).

Les Grecs nommaient ces vents **Boreas** pour le Nord (ce nom se conserve dans « Aurore boréale »), **Notos** pour le Sud, Euros et Zéphyros (le « doux zéphyr »). [pour leurs noms en grec. cf. C. I. n° 23, p. 47 : « Heures antiques »].

Les Latins désignaient **Septentrio** / *Septemtrio* le vent du Nord (mot provenant des sept –septem– étoiles de la Petite Ourse –comme de la Grande– ; il est conservé dans « Europe septentrionale »), **Auster** le vent du Sud (« hémisphère austral » ; il donnera en italien « *Ostro* » - le Sud), Subsolanus celui de l'Est et Favonius celui de l'Ouest ; un autre vent, du nord-est, était **Aquilo** (le « fougueux aquilon »).

Au Moyen Age, l'Italie méditerranéenne utilisait des noms de vents propres à cette zone, ils seront repris par les navigateurs d'autres pays : ces noms sont nombreux et plusieurs désignent une même direction. Ces vents sont **Tramontane** (N), Grec (N-E), **Levant** (E), Sirocco (S-E), Marin (S), Libeccio (S-O), **Ponant** (O) et **Mistral** (N-O). « Libeccio » se dit en corse « libecciu » (ce dernier terme apparaît dans le nom de code d'une opération militaire récente, « *Altor libecciu* »).



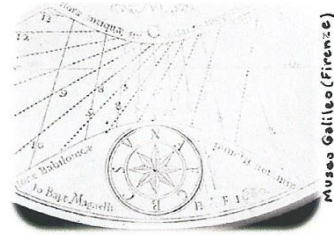
Face au cadran pisan, donc en regardant vers le sud, on lit (dans le sens des aiguilles d'une montre) : MEZZ, LIBE, PON, MAES, TRAM, GREC, LEV et SCIR. Je pense qu'il s'agit de : **Mezzogiorno** (Midi, Sud), **Libeccio** (Lebech, vent de Lybie, Sud-Ouest), **Ponente** (Ponant, Ouest), **Maestrale** (Mistral, Nord-Ouest), **Tramontana** (Tramontane, Nord), **Greco** (Grec, Nord-Est), **Levante** (Levant, Est) et **Scirocco** (Sirocco, Nord-Est). En regardant ce cadran qui fait face au Nord, le Sud se trouve en haut, l'Est à gauche et le nord en bas. Sur l'anémomètre florentin de Danti, au plafond d'une lanterne (donc en observant « la tête en l'air » et la poitrine face au sud), on lit dans le sens des aiguilles d'une montre : **O/S/L/G/T/M/P/A**. Sauf erreur, il s'agirait de **Ostro** (Sud), **Scirocco** (S-E), **Levante** (E), **Greco** (N-E), **Tramontana** (N), **Maestrale** (N-O), **Ponente** (O) et **Africus** (S-O)[un nouveau mot *éolien* dans la liste].

✧ LA ROSE DES VENTS



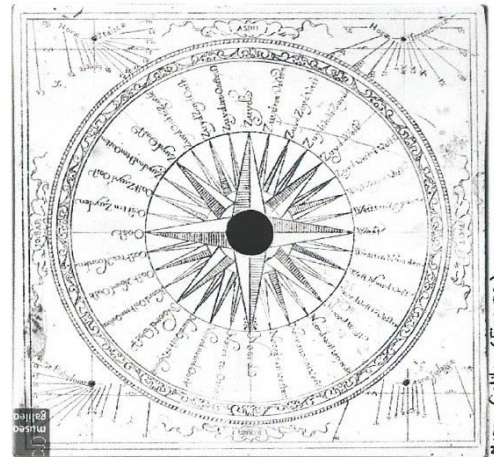
Trois cadrans solaires intéressants du Musée Galilée, à Florence, portent une rose des vents ou des directions cardinales : deux, gravés sur ardoise, sont exposés en vitrine (l'un est démuné d'une boussole ou d'un gnomon central); le troisième, en cuivre doré ou laiton, est visible électroniquement (en son centre, se trouve une boussole). Le premier cadran, horizontal, circulaire, est

signé en bas *B. Magnelli* et daté 1692 : y sont tracées des heures astronomiques, civiles avec demi-heures, et antiques ou judaïques ; en bas, une rose des vents à huit divisions entourée des lettres **N, A, F, G** (ou bien C ?), **B, C, S**, et **V**. Je présume que ces initiales correspondent à **Notus** (Sud), **Africus** (S-O), **Favonius** (Ouest), **G.** = ? (ou **Corus** = N-O), **Boreas/Borea** (Nord), **Cécias** (S-E), **Subsolanus** (Est) et **Voltornus** (S-E). Le deuxième, horizontal, carré, est signé en haut *I. Asini* et daté à droite 1599 (pour 1799). La notice de l'inventaire, en anglais, laisse entendre qu'il s'agit d'une erreur du graveur ; elle indique également



que la rose des vents est en langue allemande : il s'agirait plutôt du néerlandais. Mais il est possible que le cadran provienne d'Allemagne. Dans l'inventaire se trouve un autre instrument hollandais, et de nombreux cadrans de poche horizontaux allemands : en allemand Sud s'écrit *Süd* et en néerlandais *Zuiden/Zuydten* (abrégé ici, en haut, en *Zuyd*). Dans les angles de ce cadran du XVIII^e siècle, les heures Italiques (en haut à gauche), Astronomiques, Judaïques et Babyloniques ; au centre, une splendide rose des vents à 32 pointes ornée par les vrilles d'une «écriture coulée» caractéristique du

Siècle des Lumières. L'orifice central semble correspondre à l'emplacement d'une petite boussole ayant disparu ; les quatre gnomons également sont absents. Quelques directions (ou « rhumbs », pour employer un anglicisme) en lettres dorées, en commençant par le haut : *Zuyd* (Sud), *Zuyd ten West* (Sud « vers/près de » Ouest/Sud quart sud-ouest), ... *West*, ... *Noord*, ... *Oost* (Est), etc. Cette rose peut être rapprochée, par exemple, de celle d'un cadran solaire horizontal d'origine anglaise installé dans une cour intérieure du palais espagnol de La Granja de San Ildefonso, près de Madrid [celui de l'illustration est un modèle assez proche. Couverture du *Bulletin de la B.B.S.* de juin 2013] : ce cadran en bronze, de *Sam. Saunders de Londres*, réalisé entre 1730 et 1750, est décoré d'une rose de trente-deux vents,



désignés seulement par des abréviations majuscules (de noms anglais) : **S, SBW, SSW, SWBS, SW**, etc. Ici apparaît la nouvelle lettre **B** : abréviation de « *By* » (près de, **quart** –aire de vent de 11°15). Ce terme est à rapprocher du précédent « *ten* » néerlandais. **NBE** = Nord quart Nord-Est, **NEBE** = Nord-Est quart Est. Finalement, pour les lettres désignant les quatre points cardinaux s'imposeront les initiales d'un vocabulaire anglo-saxon : **N = North**, **E = East**, **S = South** et **W = West**. Les mots français correspondant proviennent de l'anglais, vers le XII^e siècle : ainsi, *West* sera orthographié « *Ouest* » (respectant la

prononciation anglaise ; de même deux siècles plus tard, nous conserverons nos aptitudes en langues étrangère en adoptant l'outil « *knife* » -couteau- transcrit « *canif* » !). On peut penser, amicalement, que les Anglais, ne tirant pas les premiers, avaient emprunté ces noms au vieux français (du temps de Guillaume le Conquérant). Les points cardinaux allemands seront : **N, O, S et W** ; **Nord, Ost** (Est), **Süd**, et **West** (Ouest).



CADRANS ET ROSE DES VENTS

En nous limitant à l'Ouest de notre pays, nous pouvons remarquer une rose des vents sur quelques vieux cadrans bretons, gravés sur ardoise : le cadran horizontal (malheureusement scellé en

position verticale) du château de Keriolet en Beuzec-*Conq* près de Concarneau (1766) dans le Finistère, l'horizontal (1744) dérobé au château de *Rosanbo* dans les Côtes-d'Armor (une fleur de lys



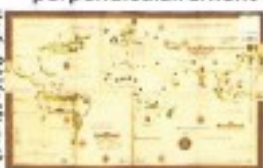
indique le Nord). En Deux-Sèvres, M. Guicheteau signale celui du musée Turpin, à *Parthenay*, orné dans un angle d'un « CADRANT » des vents, rose de « 16 rumb, pouvant être assimilée à un cadran d'azimut » ; il date de la fin du XVIII^e siècle. Par ailleurs, certains cadrans, sans rose, sont placés bien en vue des marins rentrant au port : citons en exemples ceux bien connus de la Ville Close de *Concarneau* (Finistère) -1853- et de l'entrée de l'Arsenal de Venise -1919-.

Quelques cadrans solaires horizontaux sur plaque de pierre ou d'ardoise, de nombreux cadrans dypiques, des nocturlabes, des carrés géométriques reçoivent une boussole, au fond de laquelle ou bien sur une couronne voisine se lisent les points cardinaux et leurs intermédiaires. Parfois, il n'apparaît aucune lettre mais une étoile dont l'une des pointes est une fleur de lys qui symbolise le Nord (elle apparaîtra également sur l'aiguille de l'horloge, opposée à un croissant de Lune, parfois un trident). De l'observation des vents sur terre, on passe à l'observation des vents sur mer, lors des navigations le long



des côtes puis au large. Les navigateurs utiliseront la boussole vers le XIV^e siècle. Elle se complexifie, s'orne d'une rose des vents et prend le nom de « compas ». Comme déjà écrit, la rose atteindra le maximum de trente-deux directions, donc trente-deux divisions d'un cercle, trente-deux angles ou « aires de vent » (l'angle correspondant sera appelé également « quart »). On voit l'évolution de la rose sur les cartes marines : les premiers « portulans » (cartes sur lesquelles les ports sont écrits perpendiculairement à la côte) n'en portent pas (le centre des lignes en étoile ou en éventail est sans

Mars, Brest, Finistère



décor, comme sur la carte dénommée « *pisane* », des années 1290). Puis apparaissent des étoiles ou soleils rayonnants dont le nombre de pointes augmente (certaines pointes sont surmontés d'un symbole –une tour, une croix), certaines roses se dissimulent au centre d'un médaillon décoré ; la



rose est parfois accompagnée d'une fleur de lys (elle peut être dirigée aussi bien vers le bas que vers la gauche ou la droite de la carte). Ensuite apparaissent autour de cette rose des lettres, des abréviations, des mots entiers. Cette rose, au fond de la « petite boîte » ou autour, atteste l'existence de la boussole chez les marins du grand large.



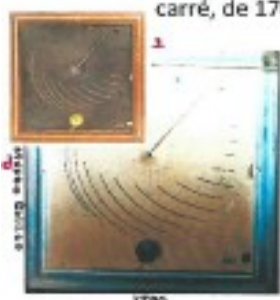
LA BOUSSOLE

Il est bien connu que les Chinois inventèrent des instruments utilisant l'aimantation du fer et permettant de se diriger de jour comme de nuit. Les Grecs également connaissaient la pierre appelée « magnétite » (exploitée dans leur colonie d'Asie Mineure, la Magnésie), qui attirait le fer. En tout cas, l'aiguille aimantée, instrument de navigation, passa des Chinois aux Arabes (milieu du XIII^e siècle) ; puis, à l'occasion des Croisades, aux Occidentaux (la dernière croisade se déroula en 1270). C'est l'Italie qui créa le mot « boussole » : « *bussola* » désignait une petite boîte (contenant une aiguille flottant sur un liquide ou tournant sur un axe, protégée par une fenêtre ou bien un couvercle). Ce vocable est utilisé en France au début du XVI^e siècle. Les premiers instruments et cadrans solaires européens à recevoir la boussole dateraient du XVI^e siècle ; les marins l'utilisaient auparavant, ils lui donneront de préférence le nom de « compas » (étymologiquement, ce substantif vient du verbe « compasser », c'est-à-dire « mesurer avec précision »). Pour éviter la confusion avec un autre instrument de mesure

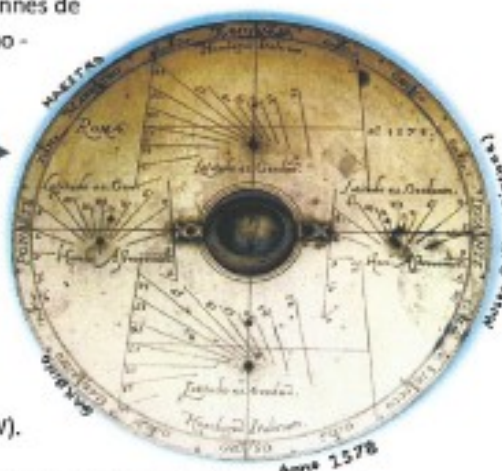


à bord des navires, on dira « compas magnétique ». Les Anglais traduiront la « bussola » italienne par « compass », nous produisant ainsi un faux ami !

Le fond du boîtier des premières boussoles, sous l'aiguille, est dépouillé ; il est parfois orné d'une simple fleur de lys, qui indique soit le Sud soit le Nord. Le plus souvent, on lit les quatre lettres des points cardinaux (les initiales variant avec les langues). Quelques-unes de ces boussoles sont observables sur des cadrans solaires. On en voit, entre autres, dans les ouvrages « Cadrans solaires de Bretagne » de MM. Cornec et Labat (« Collection de Bernard Rouxel », page 6) ou « Les cadrans solaires en Deux-Sèvres » de Cl. Guicheteau (images dans cahier central : les cadrans 247, 268, 270, 271, 275, 277). On trouvera les quatre lettres classiques, déjà vues sur les roses des vents. Mais aussi d'autres abréviations de directions, moins usuelles, en majuscules ou en minuscules. Sur un cadran carré, de 1700, en ardoise, du musée Galilée, nous apercevons une boussole centrale, le



tracé d'heures italiques et les lignes rouges d'une grande croix : à l'extrémité des branches nous lisons avec difficulté les lettres rouges T, L, ? (sans doute M) et P (initiales italiennes de Tramontana, Levante, Mezzogiorno - ou Noto ?- et Ponente). Un autre cadran, remarquable, plus ancien (1578), circulaire, en cuivre doré, de ce même musée



affiche clairement les nombreuses directions des vents (sur la boussole on devine G, P et M - ?-) : on découvre les mots nouveaux, « GARBINO » (S-O) et « MAESTRO » (N-O). Les quinze autres noms ont déjà été cités plus haut. D'autres boussoles, sur nocturlabes ou horizontaux de table, portent des abréviations latines : S, OR, M et OC (Septentrio = N, Ortus = E, Meridies = Midi/S, Occasus = O/W).



« Butterfield compass » (XVIII^e s.).

Ces lettres sont transcrites en clair sur trois côtés de ce diptyque allemand du milieu du XVI^e siècle. Sur d'autres instruments (dont un de 1269), OR peut signifier Oriens (E) et OC Occidens (O). Sur certaines boussoles du XVIII^e siècle, par exemple de modèle Butterfield, on observe à la droite de S la lettre E ; près de la ligne S-M est tracée une ligne E-E. E correspond en latin à *Emendo* (« Je corrige ») : la ligne E-E indique le nord géographique, la déclinaison à cette époque (angle entre l'axe magnétique et l'axe de rotation de la Terre). Le site internet de M. Cornec, dans la rubrique « Valeurs de la déclinaison dans les siècles passés », en Bretagne, livre des données permettant une datation de tel objet : par exemple, en 1650 elle était de 5° E, en 1700 de 6° W. L'image est le détail d'une



二〇二一 C'EST DU CHINOIS ! LE *b a ba* CALLIGRAPHIQUE DE L'AMATEUR DE GNOMONIQUE.

En fin, portons l'attention sur les cadrans solaires de poche chinois, inspirés des occidentaux, présents dans les collections. L'étude très détaillée de M. Guicheteau sur un « indicateur solaire » apporte de précieux renseignements sur les inscriptions en caractères chinois de la boussole et des tables. Le mandarin étant de mode, abordons quelques caractères (0,03 % !) : les idéogrammes utiles à la lecture du cadran, bien qu'on en devine le sens. Il est intéressant d'observer si la lecture se fait dans la direction du Sud ou du Nord, si le cliché est bien orienté et que les caractères ne sont pas présentés renversés ; comprendre si ça correspond à des chiffres ou à des « lettres » hiéroglyphiques. Retenons la numération la plus simple et quelques inscriptions de base.



Les caractères ressemblent à un échafaudage de bambou dont les éléments apparaissent comme un fouillis. Les tiges sont des traits verticaux, horizontaux et obliques ; on trouve également des crochets et des points. Cela s'entrecroise avec peu de rondeurs. Dans un tableau ancien, la lecture se fait de la droite vers la gauche et du haut vers le bas. Sur un cadran solaire, cela diffère. On rencontre différents styles d'écriture. Nous laissons de côté la prononciation du signe et le mot en mandarin. Certains caractères signifient deux idées. De même, les caractères *Soleil* et *Lune* associés prennent le sens de *clair*. Le tracé commence par les traits horizontaux.

☒ Les nombres de zéro à douze :

0 零 <i>líng</i>	1 一 <i>yī</i>	2 二 <i>èr</i>	3 三 <i>sān</i>	4 四 <i>sì</i>	5 五 <i>wǔ</i>	6 六 <i>liù</i>	7 七 <i>qī</i>	8 八 <i>bā</i>	9 九 <i>jiǔ</i>
10 十 <i>shí</i>	11 十一 <i>shí yī</i>	12 十二 <i>shí èr</i>	20 二十 <i>èr shí</i>						

Certains tracés diffèrent légèrement au cours du temps : voir le volet Sud du cadran 268 (Guicheteau, p. 207).

☒ Autres idéogrammes de la table, dans l'ordre de lecture, correspondant à 7 plages horaires :

*exemple des cadrans du diptyque (Rouxel, dans « Cadrans solaires de Bretagne », p.6) :

Lapin=5-7 h 卯 <i>MǎO</i>	Dragon=7-9 辰 <i>CHÉN</i>	Serpent=9-11 巳 <i>SÌ</i>	Cheval=11-1 午 <i>Wǔ</i>	Mouton=1-3 未 <i>WÈI</i>	Singe=3-5 申 <i>SHÉN</i>	Coq=5-7 h 酉 <i>YŌU</i>
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	---------------------------

*Le cadran horizontal se lit en le regardant vers le Sud, de la droite vers la gauche.

Ces animaux du **Zodiaque** (étymologiquement le mot est composé de *Zoo* et veut dire « cercle d'êtres animés ») de pays asiatiques se trouvent dans les symboles des ans du calendrier de la Chine. Six animaux sauvages et six domestiques ; le dernier, car « mal élevé », est le *Porc*. Ces cadrans chinois horizontaux, page 6, se lisent en regardant vers le Sud (vers le bas de la photo, dos au Nord) : le signe Lapin sera orienté à l'Est (à gauche) et Coq à l'Ouest (à droite). *Lapin* désigne aussi l'Est et le *Coq* l'Ouest. Or, en observant de face les cadrans du diptyque, on remarque un paradoxe : le signe *Lapin* (6h/Est) se trouve à gauche (vers l'Ouest) et le signe *Coq* (18h/Ouest) à droite (vers l'Est) ! Comme si l'emploi de ces deux idéogrammes, logique sur un cadran équatorial, ne l'était plus sur un horizontal ou vertical chinois ; il eût été plus pertinent d'inverser l'ordre des glyphes (comme l'était l'écriture). Les chiffres des heures et leur compte nous apparaîtraient à rebours. Cette même ****rétrogradation** des heures se vérifie sur les vieilles pendules japonaises (voir plus loin le dessin d'une ancienne pendule, au centre du dessin 2, « Correspondance... » - cadran vertical, aiguille absente-). Sur le cadran n° 268 de Guicheteau (pages jaunes), on note apparemment un contresens sur la **boussole** : l'aiguille rouge pointe le Nord au-dessus de la lettre **S**, la blanche l'idéogramme Sud au-dessus du signe Nord : par contre, **W** et **E** sont bien orientés.

** M. R. Trotignon, membre de la G.S., précise que les Japonais reproduisaient le décompte des heures des horloges traditionnelles à **encens**. Ces horloges indiquaient le temps qui restait avant que le bâton d'encens ne soit consommé. Quant à l'inversion E-W de la boussole, M. Trotignon ajoute qu'il s'agit d'une **facilité de visée** : si l'opérateur vise par exemple l'Est, il doit se placer à l'Ouest et il souhaite lire « Est/Lapin/东 » sur la partie du cadran la plus proche de lui.

* Sur plusieurs cadrans on remarque un autre caractère, en rouge ou en noir, ressemblant à un E majuscule :

Ces éléments se retrouvent dans les idéogrammes « *Matin/Jour* », « *Soir/ Nuit* » :

正 = milieu de, exact

Élément du signe Soleil : ☀ La Lune : ☾ L'Etoile : ☆

L'élément « 北 Nord » reparaît dans « *Polaire* ».

Les symboles des quatre points cardinaux :



Sur le premier cercle entourant la boussole du cadran de droite, nous observons des *trigrammes* de couleur noire : lignes groupées horizontalement par **trois**, lignes unies (représentant le principe masculin) ou brisées (le principe féminin). Les **huit** combinaisons symbolisent l'Univers : le Ciel, le Marais/Vallée (?), le Feu, le Tonnerre, le Vent/Bois, l'Eau, la Montagne et la Terre. En outre, l'Univers est classé en **cinq** Éléments : le Bois, le Feu, la Terre, le Métal et l'Eau.

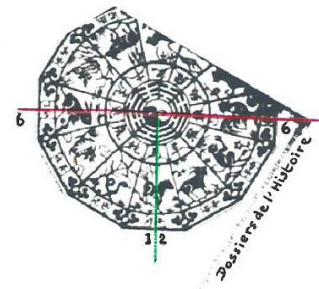


COUPLES DE TRIGRAMMES :

Ciel (Sud)	Terre (N)	Vent	Tonnerre	Eau (W)	Feu (E)	Montagne	Vallée
☰	☷	☴	☳	☵	☲	☶	☱

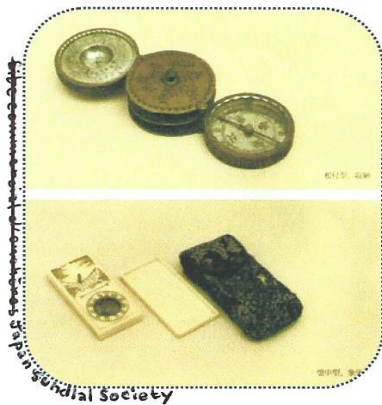
*En complément, observer ces oppositions sur le drapeau de la Corée du Sud.

Ces éléments qualifieront les Cinq Planètes connues (Jupiter sera la « *Planète du Bois* », qui correspond à l'Est). Le Ciel se divise en cinq Palais (avec au centre le premier Palais et l'étoile *Polaire*), dont quatre entourés de **sept** Mansions [cf. les 12 « maisons célestes » sur l'astrolabe arabe] (au total vingt-huit Constellations). Dans le calendrier ancien, on utilise aussi dix Troncs et douze Rameaux [voir Guicheteau, p. 210 et 208]. Comme en Occident, les astronomes s'y entendaient beaucoup en astrologie et pensaient que chaque signe ou chiffre cachait un message énigmatique. Ci-contre, une image tronquée du **Cosmos** sur laquelle sont superposées en couleur les lignes 6 h et 12 h d'un cadran solaire. On remarque que ces lignes chevauchent les signes du Lapin, du Cheval et du Coq ; que, par exemple, l'heure « Lapin » est située entre nos heures 5 et 7. Les autres lignes horaires partagent aussi les « Animaux ». On peut noter que sur l'astrolabe occidental, dans le Calendrier zodiacal, chaque mois également chevauche deux constellations astrologiques (voir plus loin le dessin 2).



日本

日本 Place au **JAPON**. Les idéogrammes japonais étant très proches du chinois, nous avons mis en couleur les légères variantes. Dans le Zodiaque, le *Lièvre* se substitue au Lapin, la *Chèvre* au Mouton et le *Sanglier* au Porc/Cochon. Les caractères Soleil et Lune sont identiques. L'élément Soleil sera une composante du signe *Jour*. Des cadrans modernes ou anciens sont observables sur des documents de la *Japan Sundial Society*, sur un courriel *Info* de la *CCS* (2012), sur le site de M. Lalos « *Cadrans solaires du Japon* » (sur des cadrans contemporains on observe des chiffres arabes ou romains pour les heures et des idéogrammes pour les directions). Sur la boussole, plus bas, l'aiguille est orientée au N-E.



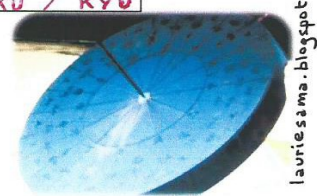
Dans le cercle central, se devinent les idéogrammes de l'Est (en haut), du Sud (à droite), puis W et N. Dans le cercle périphérique, on lit péniblement Chèvre et Cheval (le Sud est à droite !).

Les nombres : voir plus haut le complément. Dans un compte à rebours, 4, 7 et 9 changent de nom.

4	四	7	七	9	九
	shi / yon	shichi / nana	ku / kyū		

おきぬ
沖糸羅

* Cadran équinoxial japonais (Château Shuri, OKINAWA)



laurie.sama.blogspot

Idéogrammes (nom de l'animal et signe du zodiaque/heures) :

Lièvre (5-7)	Serpent (9-11)	Cheval (11-1)	Singe (3-5)	Oiseau/ Coq (5-7)
兔 卯	虫 巳	馬 午	申 猿	鳥 酉
		uma	GO	tori

Points cardinaux :

N	北	E	東	西	S	南
	kita	HOKU higashi	DONG	nishi	SEI	NAN

Photo AFP dans Le Télégramme



Pour illustrer combien, encore de nos jours, les animaux du Zodiaque asiatique conservent une valeur hautement symbolique, voici l'image de la restitution à la Chine du Lapin et du Rat en bronze pillés par les Français lors du sac d'un Palais de Pékin en 1860 (AFP, 28-6-2013).

Mettons un terme à ce travail et rappelons aux personnes « déboussolées » (terme familier pour « désorientées ») que malheureusement le Nord n'est pas toujours le caractère N : c'est parfois le T (Tramontane), le B (Borée) ou le S (Septentrion). Le Sud peut correspondre à un A (Auster), M (Meridies), N (Notus), O (Ostro), Z (Zuiden) ; et l'Est à L (Levant), OR (Orient) ou O (Ost). Le Nord n'est pas invariablement vers le haut d'une carte ou d'un cliché. Dans les civilisations anciennes de Chine comme d'Egypte, le repère pour l'orientation était le Sud. Les signes sino-japonais 十 = 10 ; 二 = 2 ; 七 = 7 ! Cette « boîte à lettres » devrait permettre d'éviter quelques distractions. Les « sages » lecteurs corrigeront eux-mêmes celles qui se seraient glissées dans ces pages.

Scordia, été 2013

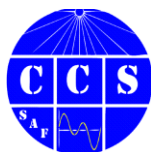
Quelques documents consultés

« The Line of the Sun » (Edizioni della Meridiana, 2007. Florence). « Trois siècles de cartes marines » (Les cahiers de la Corderie, 2010. Rochefort). « Orolajoù heol Breizh / Les c. s. de Bretagne » (MM. Cornec et Latat, 2010). « Les c. s. en Deux-Sèvres » (M. Guicheteau, 2012). « Relojes de Sol de Segovia » (de Javier Martín-Artajo Gutiérrez, ed. CAJA SEGOVIA, 2007). Encyclopédie L'universelle bordas  Bordas-Editeur 1972. Encyclopédie « ASTRONOMIA », Ed. Fabbri, 1994.

« Astrologie chinoise » (E. Steens, Les Dossiers de l'Histoire-1986). Bulletin « Le gnomoniste » (Vol. VII, n°3, 2000 ; XI, n°2, 2004) par A. E. Bouchard. « C. L. » n° 18 et 28 : diptyques chinois. Des sites Internet, comme « Museo Galileo » (Florence) ou « brunelleschi.imss.fi.it » ; les sites de MM. Cornec, Lalos, Robic, du « Museo Cerralbo », de « ejercitodelaire.mde.es » (Madrid) et « horlogerie-suisse.conf ». Diccionario HERDER : Chino (Barcelona, 2011). L'écriture kanji (Assimil, 2011).

D'AUTRES ILLUSTRATIONS DE L'ARTICLE SUR LA PAGE SUIVANTE.

GAP (Hôtel de ville) : SOL LUCET OMNIBUS - 阳光展示全人类 -
le soleil brille pour toute l'humanité



Le Christ en croix de Genola

Francis Tamarit

Présentation du cadran solaire dit « le Christ en croix » sur la cure de Genola dans le Piémont

Le cadran solaire du « Christ en croix » a été réalisé au XVIII^e siècle sur la cure de l'église de Genola, dans le Piémont, en Italie (Fig 1 & 2). Il a été restauré par Lucio Maria Morra en 2006 (Fig 3).

Lucio est un gnomoniste très connu en Italie, surtout dans le Piémont. Il a créé et restauré plus de 200 cadrans solaires depuis les années 1980. Son style est très reconnaissable et ses cadrans sont toujours très esthétiques.

Ce cadran est vraiment très beau et il est unique dans la Province de Cuneo. A ma connaissance il n'existe qu'un seul autre cadran de ce type en Italie.

Il s'agit d'un Christ en croix, les deux clous des mains ainsi que celui des pieds forment trois styles droits qui portent leurs ombres sur trois cadrans solaires indiquant chacun un



Fig 1 : Cadran sur la façade de la cure

type d'heures différent.



Fig 2 : Cadran avant restauration

Fig 3 : Cadran après restauration ►



Le premier cadran en haut à gauche (Fig 4) indique les heures vraies locales que les Italiens appellent « Hore Francese » (heures Françaises). Les heures s'étalent de 6 heures du matin à 3 heures de l'après-midi.

Le second cadran en haut à droite (Fig 5) indique les heures Babyloniques, c'est-à-dire les heures écoulées depuis le lever du soleil. Les heures s'étalent de 1 heure à 8 heures.



Fig 4



Fig 5

Le troisième cadran en bas (Fig 6) qui avait presque totalement disparu indique les heures Italiques, c'est-à-dire les heures écoulées depuis le coucher de soleil de la veille. Les heures s'étalent de 11 heures à 23 heures.

Il existe des exemples de cadrans solaires où ces trois types d'heures sont tracés sur la même table, le résultat est assez difficile à lire. L'intérêt de ces trois cadrans séparés est leur facilité de lecture.



Fig 6

En faisant une soustraction et une addition, on peut obtenir la durée du jour en relevant les heures indiquées sur les cadrans des heures Babyloniques et Italiques. Dans ce cas, il est :

- ° 4 heures Babyloniques, ce qui veut dire que le soleil s'est levé il y a 4 heures.
- ° 14 heures Italiques, ce qui veut dire que le soleil se couchera dans $24 - 14 = 10$ heures.

La durée du jour est de $4 + 10 = 14$ heures

On peut aussi obtenir à quelle heure vraie du lever du soleil et de son coucher. Dans ce cas, on peut lire qu'il est 9 heures vraies.

Donc le soleil se lève à $9 - 4 = 5$ heures,
et le soleil se couche à $9 + 10 = 19$ heures.

Anecdote :

La restauration de ce cadran a débuté un Vendredi Saint. Une messe avait lieu dans l'église adossée à la cure.

En arrivant sur les lieux Lucio m'a raconté qu'il entendait des chants religieux pro-

venant de l'église.

Les styles originaux qui étaient endommagés devaient être remplacés. Lucio commença à taper dessus avec un marteau... il se dit « on pourrait croire que je suis en train de crucifier le Christ ».

Soudain le ciel s'obscurcit, devint très rapidement noir et il commença à pleuvoir des cordes...

Lucio dû interrompre son travail.

Lucio Maria Morra sur la piazza Solferino à Turin en 2013 ►



Le temps, c'est de l'argent...

Antoine Duflocq s'est mis à l'heure Suisse... dans ses lectures



Tome 16, Astérix chez les helvètes



Cadrans solaires de précision

Tonino Tasselli

Traduction Riccardo Anselmi

Ce sujet a été présenté sous le titre "Montres de précision" au XVIII^e Seminario Nazionale di Gnomonica Châtillon (AO) en octobre 2012. Il décrit les cadrans solaires qui indiquent le temps moyen civil par une échelle horaire parfois précise à la minute.

- Résumé

Par la locution "Precision Sundials", en particulier dans la littérature gnomonique des pays anglo-saxons, on entend une catégorie de cadrans solaires qui indiquent le temps moyen civil avec une échelle horaire qui est parfois si précise qu'elle peut atteindre la minute.

"Montres de précision", alors, qui sont opposées à toutes les autres que l'observateur commun, profane en gnomonique, perçoit comme "incorrectes", car elles n'indiquent pas l'heure de sa montre à quartz.

Dans cet article, nous passons rapidement en revue les méthodes utilisées pour rendre plus simple et directe la lecture de l'heure civile. Est analysée en particulier, plus en profondeur, le cadran équatoriale avec gnomon façonné et il sera montré comment ce type d'horloge indique le temps civil d'une manière directe, sans nécessiter des réglages de date. Cependant, intrinsèquement, ce genre d'instrument n'est pas précis aux environs des solstices. On monte alors certaines mesures à prendre pour réduire les erreurs à des valeurs négligeables.

- Généralité

Définir un cadran solaire classique, qui indique par exemple l'heure locale, comme "imprécis", car il n'indique pas le temps civil est évidemment un non-sens.

La mesure d'une quantité est d'autant plus précise que plus petit est l'erreur (c'est à dire la différence entre la valeur réelle et la valeur indiquée) réalisé dans la même mesure.

Le terme précision est souvent confondu avec celui de soin apporté à la réalisation. La précision permet d'effectuer une mesure avec plus de détails (par exemple, dans le cas d'un cadran, en utilisant une échelle de cinq minutes au lieu du quart d'heure), mais pas nécessairement plus précise (c'est à dire avec un écart minimum).

On insiste donc pour dire que les cadrans solaires indiquant l'heure civile avec des graduations jusqu'à la minute ne sont plus précis que les cadrans d'heures vraies locales ou d'heures italiques ou de tout autre système de temps adopté. Mais cela est clair seulement pour les initiés et l'on se fatigue à l'expliquer à tous les autres.

Pour passer du temps vrai local au temps moyen, également appelé temps civil, il est nécessaire d'effectuer comme chacun sait quelques corrections :

- La première correction est rendue nécessaire par le fait que l'horloge n'est pas habituellement placée le long du méridien du fuseau horaire, mais peut être déplacée par rapport à lui jusqu'à +/- demi-heure. (+/- 7,5°) ou plus pour toutes les conventions qui étendent la largeur du fuseau horaire.
- La deuxième correction est due à l'EoT (équation du temps), qui tient compte de la variation de la longueur du jour solaire en raison de la trajectoire elliptique de la Terre autour du Soleil et de l'inclinaison de l'axe polaire dans le plan de l'écliptique.
- La troisième correction s'applique en fonction ou non de l'application de l'heure dite "d'été".
- Enfin si la volonté de certains organismes était retenue de supprimer la relation entre l'heure donnée par la rotation de la Terre et celle des horloges atomiques une quatrième correction (pour l'instant) négligeable devrait être également appliquée.

Ci-dessous, nous énumérons quelques astuces utilisées pour passer de l'heure locale (temps vrai) à celle de l'heure civile (temps moyen).

- Heures du fuseau :

Très souvent les cadrans solaires d'heures françaises, base de l'actuel système horaire, sont établis pour indiquer le temps du fuseau d'appartenance, plutôt que le temps vrai local. Ce moyen rend la lecture de l'heure moins éloignée de l'heure civile parce que la première des corrections indiquées ci-dessus (dû à la longitude) est déjà appliquée.

- Graphiques et tableaux :

Une autre méthode pour rendre un cadran solaire approprié à définir l'heure civile est d'adjoindre une table ou un graphique représentant "l'Equation du temps".

Pour plusieurs mois, décennies ou simplement de jours, est donné le nombre de minutes qu'on a besoin d'ajouter ou de soustraire à une date donnée pour passer d'un type d'heure à un autre.

Il a été proposées de nombreuses façons de représenter "l'Equation du temps", quelques modèles sont donnés dans les figures 1, 2, 3 et 4.

Si le cadran fournit l'heure locale vraie, il est pratique d'inclure au tableau/graphique, non seulement les valeurs de l'EoT mais aussi celui du décalage constant dû à la différence de longitude par rapport à Greenwich. Si, au contraire, le tracé du cadran donne les heures vraies du fuseau horaire, on utilisera directement l'EoT.

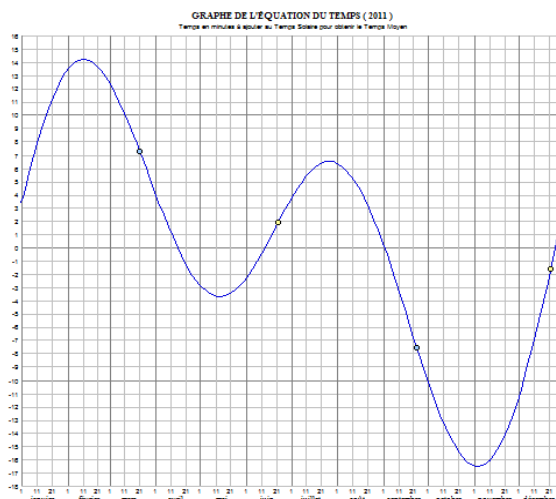


Fig. 1 - Graphique pour la correction de l'EoT (logiciel Shadows de F. Blateyron)

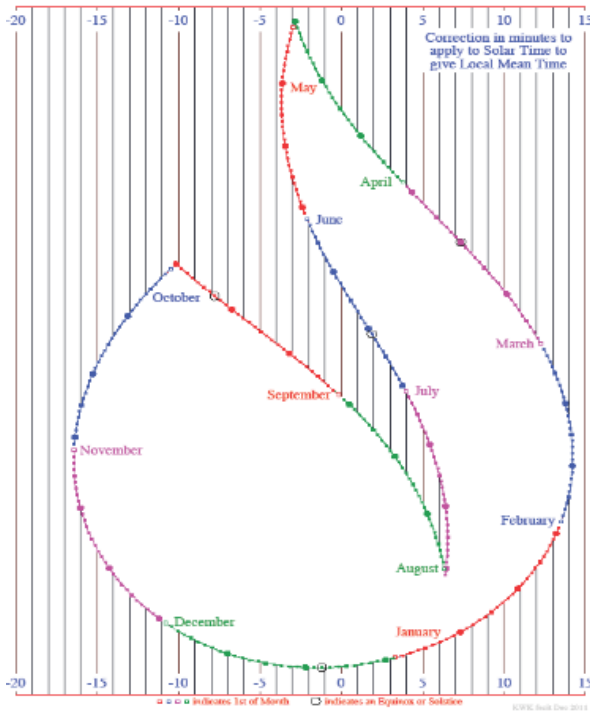


Fig. 2 – Un autre tableau de correction de l'EoT (auteur Kevin Karney)

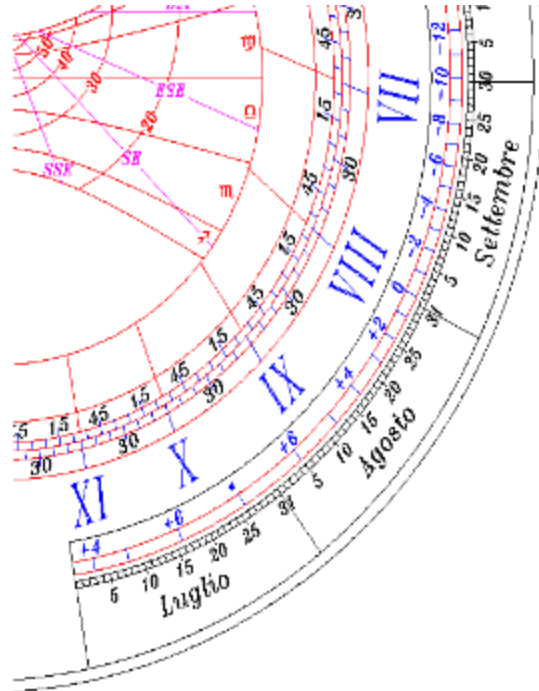


Fig. 3 – Echelle pour la correction de l'EoT sur une horloge horizontale

- Courbes en huit et demi courbes en huit.

Pour éviter que l'observateur doive ajouter, au temps lu sur le cadran, la correction donnée par un graphique ou par un tableau, pour connaître le temps civil, on a imaginé de déformer les lignes horaires qui ne sont plus droites mais prennent la forme caractéristique d'un 8. De cette façon, la correction est incluse dans le tracé et l'observateur peut lire en un coup d'œil (ou presque ...) le temps civil (Fig 5).

Malheureusement, si on veut avoir des courbes en huit plus rapprochées pour indiquer les fractions d'heure (par exemple une courbe tous les quarts d'heure), ces courbes se superposent et rendent la lecture difficile. Pour éviter cela, on peut diviser le cadran solaire en

deux parties. L'une concernant le semestre hiver-printemps et l'autre le semestre été - automne. De cette façon, chaque courbe en huit se divise en deux demi - courbes en huit dont

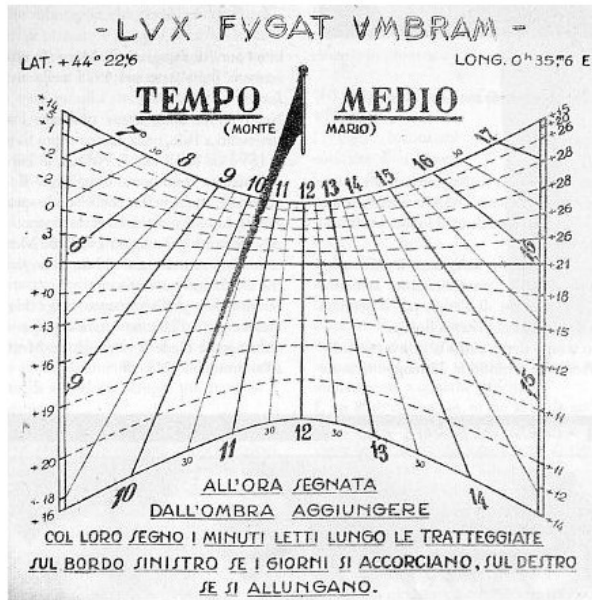


Fig. 4 – Corrections pour EoT données sur les côtés d'un cadran vertical (auteur Mottoni)

le tracé peut être de meilleure qualité et sans risque de chevauchement (Fig 6) .

On pourrait même en tracer par exemple une toutes les cinq minutes.

- Montres monofilaires.

Une autre façon de résoudre le problème du chevauchement des courbes en huit mais sans avoir recours à une double ligne est de concevoir un cadran à fil unique où l'indication à la place de l'ombre de la pointe du gnomon est donnée par l'ombre d'un fil (généralement, mais pas nécessairement disposé comme l'axe polaire).

En dessinant les semi - courbes en huit de deux semestres, l'une comme continuation de l'autre et en traçant sur le cadran le trait d'ombre qui doit être pris en compte pendant l'année, on peut lire l'heure

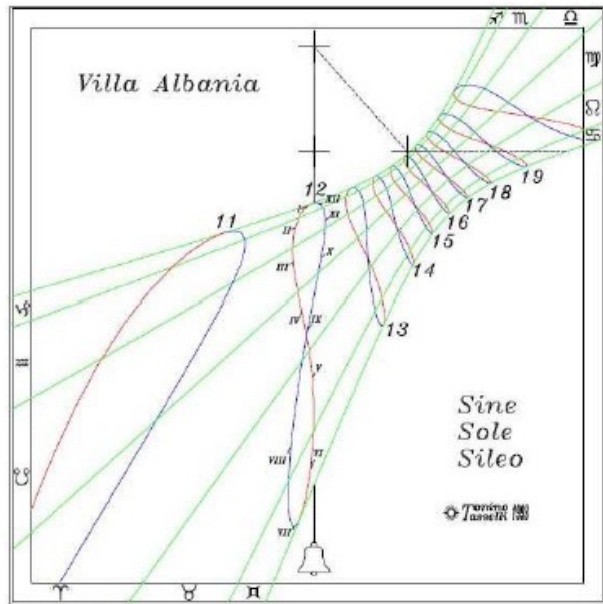
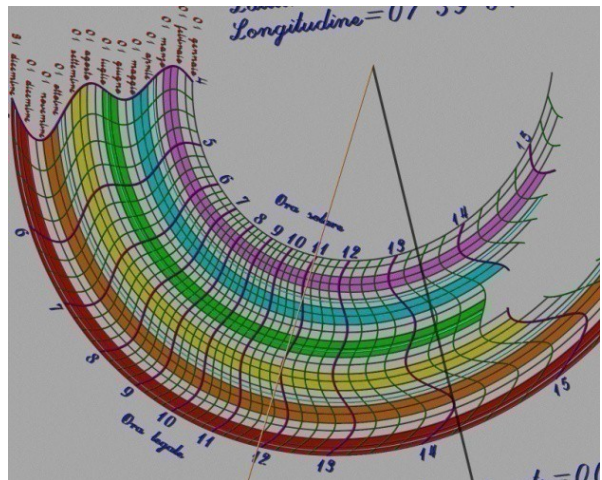
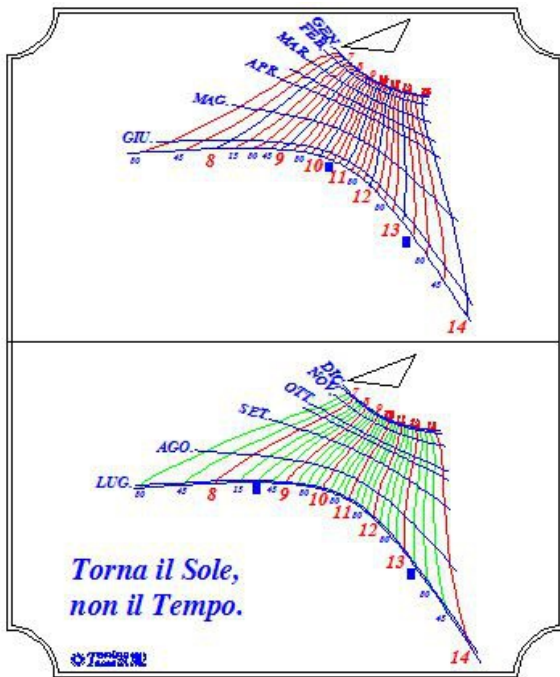


Fig. 5 – Courbes en huit pour la correction de l'EoT

civile sur un seul cadran où, de toute façon, on peut les tracer aussi souvent qu'on le souhaite.



◀ Fig. 6 - Demi - courbes en huit pour la correction de l'EoT

▲ Fig. 7 – Horloge monofilaire indiquant le temps civil inspiré de l'horloge "Rainbow" par Mac Oglesby (auteur L. Ghia)

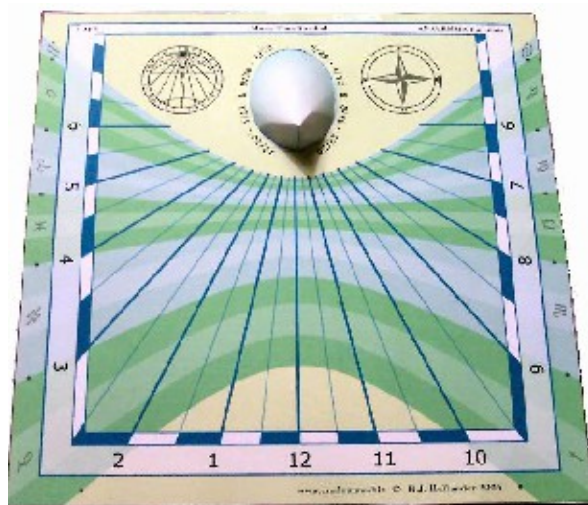
- Horloges solaires bi - gnomon

Ces cadrans solaires exploitent les indications de deux gnomons sur le même cadran. Les montres de cette catégorie avec deux gnomons à fil (et c'est pour ça que je les appellerai également bi-filaires) peuvent être spécialisés pour indiquer l'heure civile. L'exemple le plus emblématique de ce type de montres a été récemment inventé par Hendrik Hollander¹

Dans l'horloge d'Hollander les deux "fils" gnomon jettent une ombre sur le cadran, mais on doit prendre en considération seulement un des deux fils selon le semestre hiver - printemps ou été-automne. Comme dans les montres monofilaires on lit l'heure en identifiant la ligne horaire qui passe à l'intersection de l'ombre du fil (celui en vigueur dans le semestre) avec une ligne de déclinaison (la date d'observation).

Dans la version la plus récente de la montre d'Hollander les deux fils ont été remplacés par les génératrices d'un cône. Si l'axe de ce cône est incliné comme celui de la Terre, alors les lignes horaires sont à peu près droites et indiquent le temps civil. Le cadran a apparemment l'aspect d'un cadran traditionnel d'heures vraies. Une description détaillée de la montre d'Hollander a été faite par l'Ing. Lovotti au Séminaire XV².

Fig. 8 – Horloge par Hendrik Hollander ►



- Montres équatoriales

Jusqu'à présent, les méthodes indi-



quées pour transformer l'heure vraie en heure civile ne nécessitent pas d'intervention d'étalonnage périodique. L'observateur lisait l'heure sans aucune procédure préliminaire de "réglage de date" réalisé par le gardien de l'horloge.

◀ Fig. 9 – Cadran équatoriale (Helios sundials)

Examinons maintenant un simple cadran équatorial, c'est à dire un axe-style orienté comme l'axe polaire et passant par le centre d'un disque ou d'un anneau d'armille se trouvant sur le plan orthogonal à l'axe (plan équatorial). Le midi de temps vrai est

indiqué par le rayon du disque à la fois sur le plan équatorial et dans le plan méridien.

1 Hendrik Hollander - *Mean Time Sundial with Cone Gnomon* - The Compendium NASS 2006 3

2 Pier Giuseppe Lovotti - *L'orologio solare orizzontale a tempo medio di Hollander* - XV Seminario Nazionale di Gnomonica – Monclassico 2008

Toutes les autres heures de temps vrai sont indiquées par des rayons séparés d'un angle de 15° à partir du rayon méridien. On devine immédiatement que les ajustements nécessaires pour passer de l'heure vraie locale à l'heure (moyenne) civile se feront par simples petites rotations du disque horaire ou mieux, en appliquant la correction totale par une seule rotation résultante de la somme des rotations composantes.

La procédure d'ajustement doit être faite en général tous les trois ou quatre jours, mais pratiquement tous les jours dans les voisinages des solstices.

- Autres montres avec lignes horaires espacées de manière égale.

Pratiquement tous les types de cadrans sont dérivés d'un cadran équatorial par projection.

Ainsi, un cadran vertical sur un mur déclinant est obtenu par la projection du cadran équatorial vers le haut le long de l'axe (polaire) qui passe à travers la paroi. Un cadran horizontal est obtenu par une projection vers le bas sur le plan horizontal, toujours le long de l'axe polaire. Les cadrans verticaux ou horizontaux, sauf cas très particuliers (par exemple un cadran horizontal au pôle) n'ont pas de lignes horaires équidistantes et ne peuvent donc pas être "corrigés" par une simple rotation du cadran. Ils doivent donc être tournés dans leur intégralité (cadran et gnomon conjointement et solidairement) autour de l'axe polaire.

Cette rotation solidaire autour de l'axe polaire est en fait un procédé qui peut être adopté pour indiquer l'heure civile sur un cadran horizontale normal, conçu pour une certaine latitude mais alors montée sur une plate-forme qui tourne autour de l'axe polaire pour appliquer les autres corrections (Heure d'été et EoT).

Au lieu de cela, pour appliquer des corrections seulement par de simples rotations du cadran autour d'un axe orthogonal il faut élaborer des projections qui maintiennent les équidistances des lignes horaires de l'horloge équatoriale. De telles projections sont un type particulier de projections analemmatiques appliquées pour la première fois et séparément par Samuel Foster³ et Johann H. Lambert. En plus de la classique horloge Foster- Lambert (par exemple, l'horloge très connue du prof. Lauri) il y a beaucoup d'autres versions ingénieuses.

Pour plus de clarté, il peut être utile de lire Tonino Tasselli⁴ qui englobe dans un seul document tous ces sous-types de cadrans.

Sachez que les cadrans de Foster-Lambert, de forme circulaire avec une échelle uniforme, comme un cadran équatorial dont ils doivent leur origine, il est possible d'appliquer les corrections appropriées en tournant le cadran. Bien sûr, comme avec tous les types d'analemmatiques, on aura également besoin de déplacer le style sur l'échelle des dates pour les réguler.



Fig. 10 – Horloge par Foster- Lambert (auteur. Lauri)

3 Mac Oglesby - *A Foster Lambert Vertical Decliner* - The Compendium NASS 2003 12

4 Tonino Tasselli - *Orologi circolari a proiezione equatoriale inclinati e declinanti* - Gnomonica Italiana, Anno II, n.7 novembre 2004 pag. 59

- Les cadrans régulés.

Très intéressant est le type de montre Foster- Lambert, vertical et déclinant, inventé par Mac Oglesby dont un mécanisme de came met en date le style en tournant simultanément le cadran pour appliquer la correction de l'EoT (étant déjà préréglés les correctifs pour l'heure d'été et la longitude).

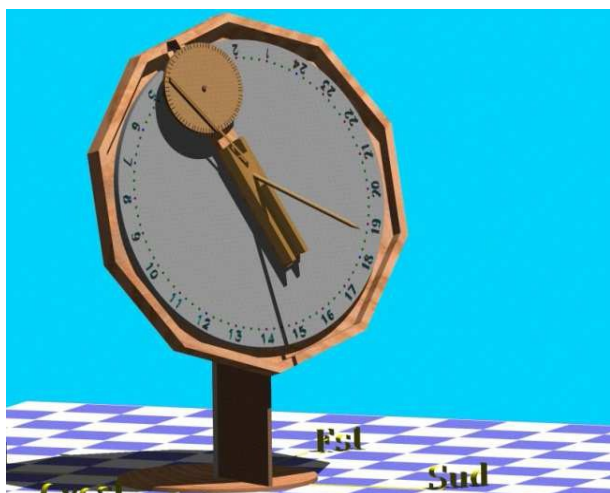


Fig. 11 – Horloge par Foster- Lambert inspiré du "Vertical decliner" par Mac Oglesby (Auteur L. Ghia)



Fig. 12 – Horloge par Foster- Lambert de Gordon Taylor (Observatoire de Greenwich)

Un agencement particulier des fils d'un cadran bifilaire peut offrir la possibilité d'avoir des lignes horaires d'un angle constant de 15° permettant ainsi, de faire tourner le cadran (mais pas les fils) pour effectuer la correction et obtenir l'heure civile Fig 13.

Montres de précision par Bill Gottesman et Fred Sawyer.

Un magnifique exemple de cadran solaire équatoriale avec échelle tournante a été construit par Bill Gottesman (Fig 14). Il peut être admiré sur son site⁵.

Comme mentionné pour le cadran de Mac Oglesby, il y a ici une concentration d'idées brillantes énumérées simplement. Nous renvoyons le lecteur sur le site indiqué ci-dessus pour plus de détails.

- L'échelle mobile des heures se déroule sur un guide hélicoïdal cylindrique. L'ampleur du déplacement de l'échelle des heures peut être réglée sur une échelle de "mise en date"

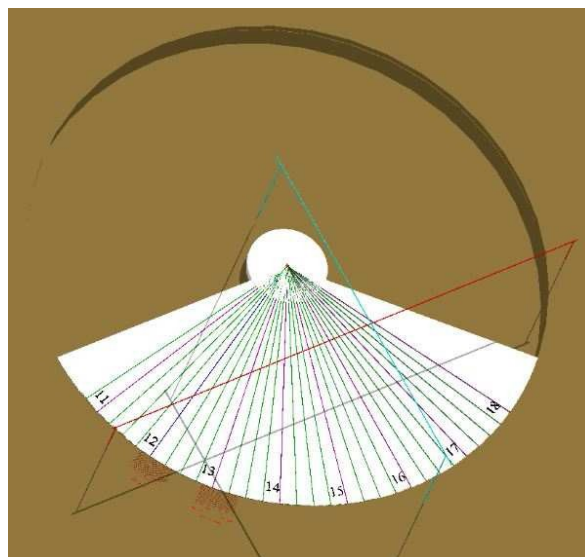


Fig. 13 – Cadran vertical déclinant bifilaire d'heures équidistantes (Simulation par L. Ghia)

5 Bill Gottesman – Renaissance - <http://www.precisionsundials.com/renaissance.htm>

- L'axe gnomon a été remplacé par un miroir linéaire recouvert d'une lentille cylindrique (dans une version plus récente la lentille cylindrique est divisée en une paire de lentilles cylindriques placées côte à côte pour augmenter la précision de la lecture).
- Positionnement du miroir sur une génératrice du cylindre de l'hélice à la place de l'axe. Cela rend l'échelle des heures deux fois plus grande, par conséquent le faisceau réfléchi se déplace sur l'échelle des heures de 30° au lieu de 15° comme le ferait

l'ombre de l'axe gnomon d'un simple cadran équatorial (rappelez-vous le théorème de géométrie qui stipule: Un arc de cercle sous-tend un angle au centre deux fois plus que l'angle sur le cercle.

- Le mécanisme de réglage de la latitude est basé sur une ingénieuse rotation de calottes sphériques.

Cette montre est la représentante la plus emblématique de ce qu'on entend par cadran de précision dans le sens décrit ci-dessus.

- Cadran de Fred Sawyer

Un autre exemple ingénieux de la transformation d'un cadran horizontal d'heure locale en temps civil a été donné par Fred Sawyer⁶. Se référer également à l'article original pour plus de détails.



Fig. 14 – Horloge de Bill Gottesman



▲ Fig. 15 – Horloge horizontale d'heures civiles par Fred Sawyer

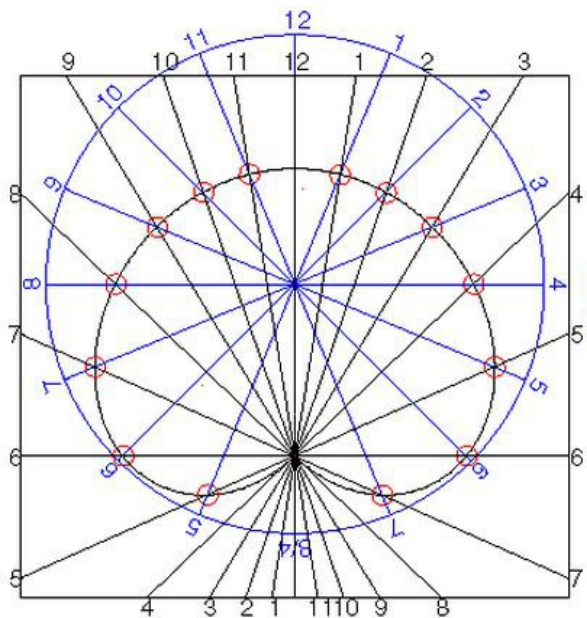


Fig 16 Principe de fonctionnement ►

6 Fred Sawyer – *Equant* - <http://www.precisionsundials.com/equant%20dial.htm>

- Montres équatoriales avec "gnomon façonné".

En 1892, un général de l'armée britannique, John Ryder Oliver a inventé un cadran équatorial d'heures civiles en remplaçant l'axe indiquant les heures vraies par un "gnomon façonné". En fait deux gnomons étaient utilisés en alternance : un valable en hiver - printemps et l'autre en été-automne.

Ce type de cadran est à mi-chemin entre ceux qui doivent être "recaler sur une date" (théoriquement tous les jours) et ceux qui ne nécessitent aucune intervention. Pour ce type de cadran, il est nécessaire de changer le gnomon façonné à chaque solstice.



Fig. 17 – Version moderne de l'horloge équatoriale armillaire de John Oliver

Nous allons maintenant analyser plus en détail le principe de fonctionnement de ce cadran. A nouveau, nous partirons d'un cadran équatorial de temps vrai. Idéalement, l'axe de ce dernier est filiforme et les lignes horaires tracées sur la table partent en rayons depuis le centre Fig 18.

Maintenant substituons l'axe filiforme avec un axe cylindrique d'un certain diamètre (par exemple, le rayon de cet axe égale à 1/ 10 du rayon du cadran équatorial) . Si l'on veut que le cadran continue à indiquer l'heure correctement, on doit tracer les lignes horaires détachées du centre d'une distance égal au rayon du cylindre Fig 19.

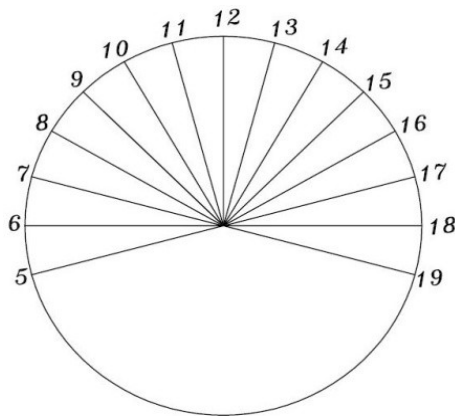


Fig. 18 – L'horloge équatoriale a les lignes horaires disposées en rayons

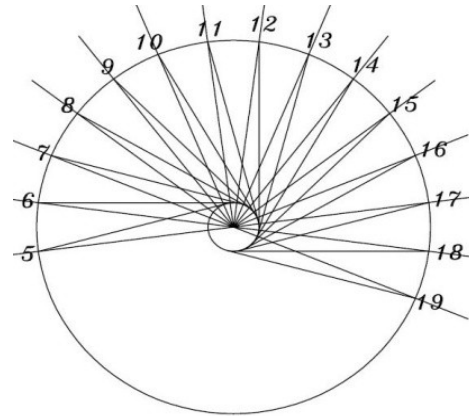


Fig. 19 – L'horloge équatoriale avec le gnomon cylindrique a les lignes horaires détachées du centre équivalent à une rotation de l'échelle initiale.

On voit que l'introduction de l'axe - cylindre a eu pour effet secondaire de faire tourner d'un angle α les lignes horaires originales de l'horloge équatoriale.

La figure 20 illustre la relation trigonométrique qui lie l'angle α au rapport r_0/R c'est-à-dire le rapport entre le rayon de l'axe - cylindre et le rayon de l'échelle horaire de l'horloge.

$$1) \quad \alpha = \arcsin (r_0 / R)$$

Avec :

- ° R = le rayon du cadran circulaire
- ° r_0 = le rayon de l'axe- cylindrique (les raisons de l' indice 0, apparaîtront plus tard).

Voici maintenant comment naît l'idée de faire une horloge d'heures civiles.

Physiquement on tourne le cadran d'un angle approprié pour introduire la valeur dû à la longitude tandis que pour l'EoT on tourne les lignes avec l'artifice du cylindre-axe. Pour représenter l'EoT nulle on choisit arbitrairement un rayon de l'axe-cylindre égal à r_0 .

Le point sur la circonférence du cadran où tombe l'ombre projetée par l'axe cylindrique lorsque l'EoT est nulle sera marqué par l'heure pleine. Mais, au contraire, quand l'EoT n'est pas nulle mais vaut ε (considéré avec son signe) il sera encore nécessaire de tourner d'un angle ε les lignes horaires de notre horloge équatoriale et donc le rayon de l'axe cylindrique devra être :

$$2) \quad r = R \sin(\alpha + \varepsilon)$$

où α , proposée par la formule 1), est fixe et est la rotation correspondant au rayon r_0 de l'axe - cylindre qui est choisi pour représenter l'EoT nulle.

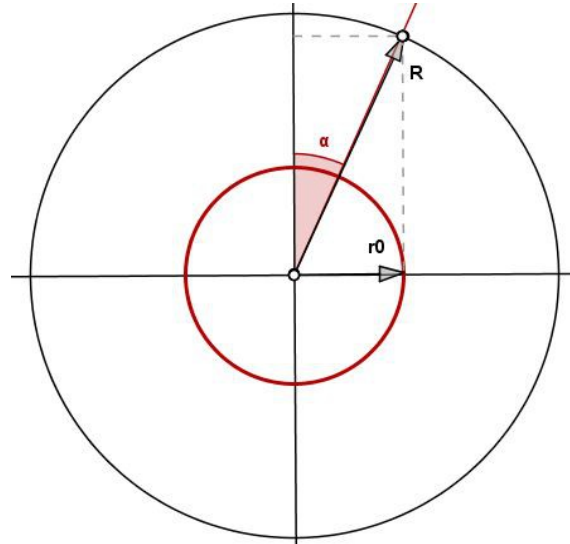


Fig. 20 – Rotation de l'échelle en raison d'un gnomon cylindrique de rayon r_0

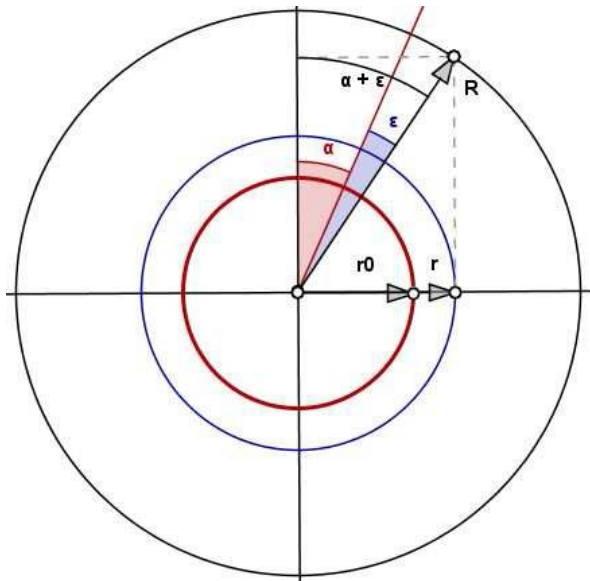


Fig. 21 – Correction avec EoT positive par un cylindre de rayon $r > r_0$

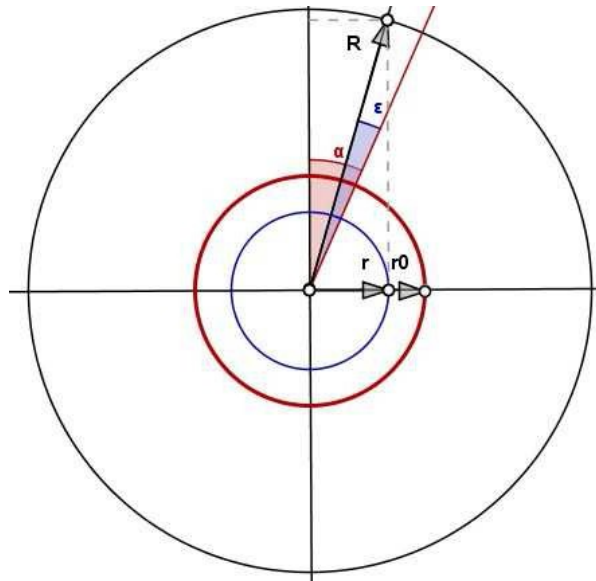


Fig. 22 – Correction avec EoT négative par un cylindre de rayon $r < r_0$

Il est évident qu'il est impensable d'avoir à changer chaque jour le cylindre-axe pour obtenir la correction du temps vrai en temps civil.

Plus commodément, en considérant que, sur la table du cadran équatoriale, le rayon solaire "descend" (dans la période printemps-été) ou "monte" dans la période automne-hiver) avec une pente δ , (δ étant la déclinaison du Soleil à la date de la lecture), il suffit de mettre, pour un certain jour, au lieu de l'axe - cylindre, seulement un disque de rayon r à une hauteur h convenable de manière à intercepter le rayon solaire et mettre de façon automatique en correspondance la valeur de ε et δ pour ce jour-là.

$$3) \quad h = R \cos(\alpha + \varepsilon) \tan(\delta)$$

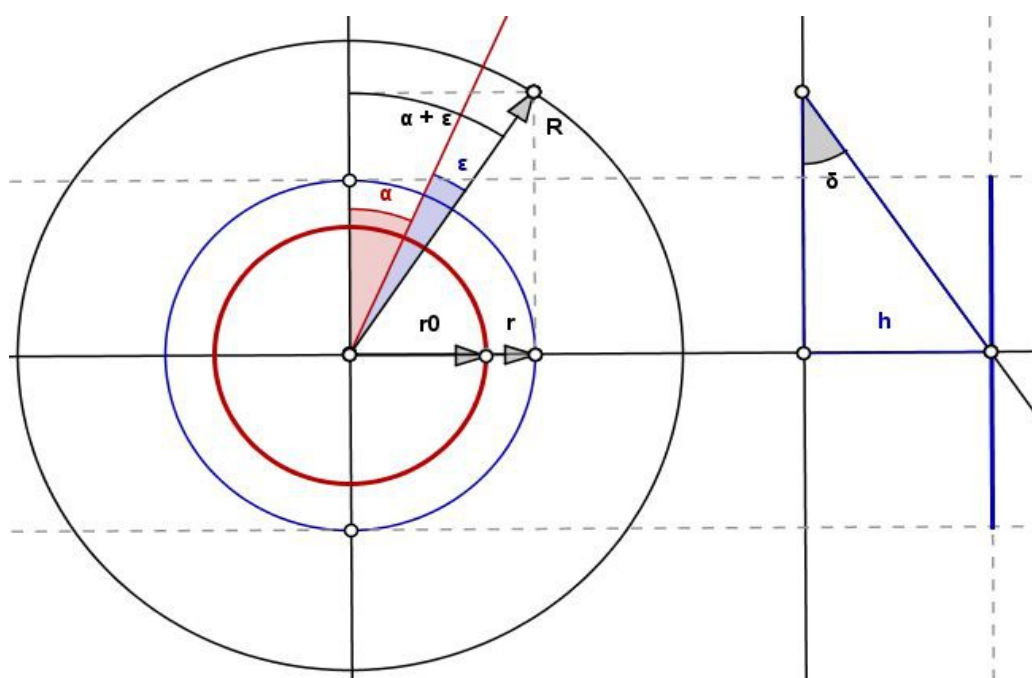


Fig. 23 – Hauteur h (par rapport au plan équatorial) du disque de rayon r

La superposition de tous ces disques constituera deux corps solides à utiliser comme gnomons (un par semestre) pour obtenir automatiquement, en principe, une correction EoT en fonction de la date, ou plutôt, en fonction de la déclinaison du Soleil pour chaque date.

Nous verrons que cette correction ne peut pas être parfaite, surtout près des solstices. En effet, si chaque disque élémentaire agissait seul (sans interférence avec d'autres), le système de correction fonctionnerait parfaitement. Mais certains disques, qui rempliraient leur rôle s'ils étaient seuls, sont entravés par la présence d'autres disques, perturbant de ce fait le cheminement du rayon du soleil que nous souhaitons voir descendre jusqu'au bord du cadran.

Pour créer les profils de gnomons en forme, en utilisant les équations 2) et 3), et les variables ε et δ ont été exprimées en fonction d'un seul paramètre n_g qui exprime le nombre de jours depuis le début de l'année (si $n_g = -10$ est le solstice d'hiver, $n_g = 1$ est le périhélie, $n_g = 81$ est l'équinoxe vernal, $n_g = 172$ est le solstice d'été, etc.).

$$4) \quad \varepsilon = a \sin(g(n_g - 1)) + b \sin(2g(n_g - 81))$$

$$5) \quad \delta = c \sin(g(n_g - 81))$$

avec :

$$\begin{array}{ll} a = 7.67 \text{ min} & c = 23.45^\circ \\ b = -9.87 \text{ min} & g = 2\pi/365.25 \end{array}$$

Comme le montre la formule 4) ; EoT a été exprimée comme la somme de deux ondes sinusoïdales : la première avec une fréquence annuelle fixée au périhélie et l'autre avec une fréquence semestrielle accrochée à l'équinoxe de printemps, tandis que δ est une fonction sinusoïdale de la longitude écliptique du Soleil qui est nulle aux équinoxes.

Maintenant, en ayant à disposition la performance de r et h , des expressions 2) et 3), fonction du seul paramètre n_g par les expressions 3) et 4), pour chaque semestre, on peut tracer la courbe :

$$6) \quad \begin{cases} r(n_g) \\ h(n_g) \end{cases}$$

Dans la figure suivante (Fig 24) sont tracées ensemble les deux courbes pour les deux semestres (rouge pour l'hiver - printemps, bleu pour l'été - automne)

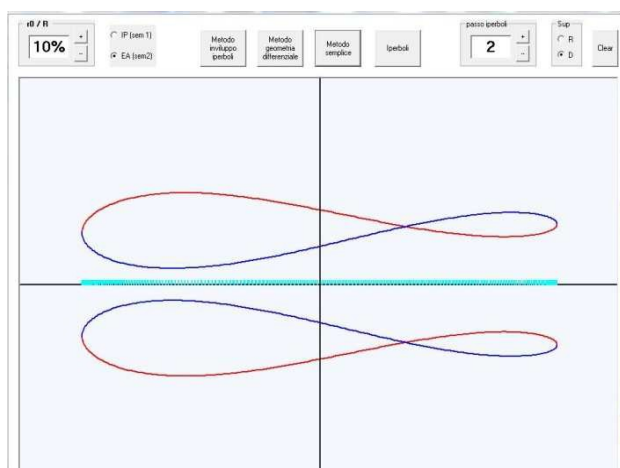


Fig. 24 – Profils de gnomons pour les deux semestres

Ces deux profils peuvent être utilisés pour créer les deux surfaces de rotation nécessaires figures 25 et 26.

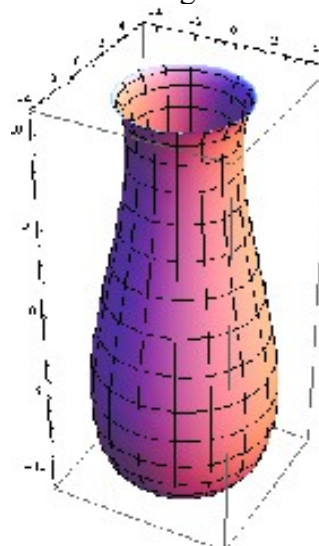


Fig. 25 – Gnomon façonné pour la période Hiver-Printemps ►

Essayons maintenant de simuler par un programme graphique (POV), le comportement de ces gnomons (figures 27 et 28).

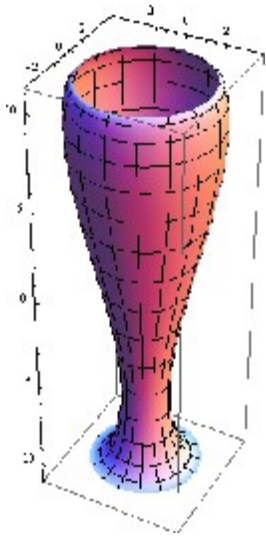
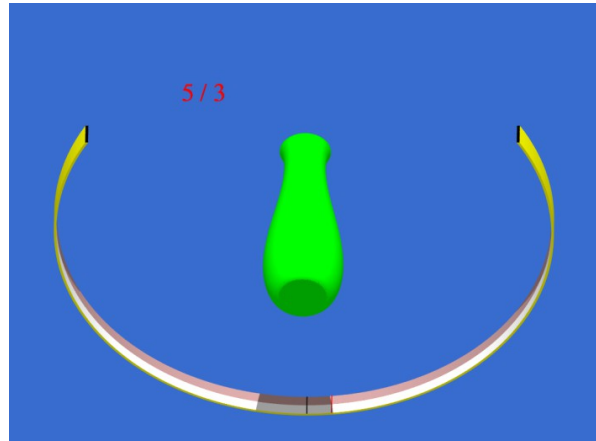


Fig. 26 – Gnomon façonné pour la période Été-Automne

Dans ces dessins (27 et 28) , la bande armillaire a été représentée bicolore pour mettre en évidence la circonférence de la ligne médiane qui représente l'équateur. Sur ce cercle sont représentés deux indicateurs : le noire indique le temps vrai d'une horloge équatoriale avec gnomon filiforme (dans ce cas, l'heure de midi). La marque rouge indique le point où la marque noire se trouve juste au moment où, à midi et avec $\varepsilon = 0$, le gnomon cylindrique de rayon r_0 est tournée de α° . Bien sûr, pour les autres heures entières, d'autres marques seront disposées tous les 15 degrés à droite et à gauche de celle indiquée ici. A partir de tests, il semblerait que le cadran fonctionne parfaitement, mais si l'on teste avec des dates proches du solstice on voit, avec surprise, que les indications de l'ombre sont fausses :



▲ Fig. 27 – Test de fonctionnement du gnomon Hiver - Printemps le 5 Mars (OK)

▼ Fig. 28 – Test de fonctionnement du gnomon Été-Automne le 15 Juillet (OK)

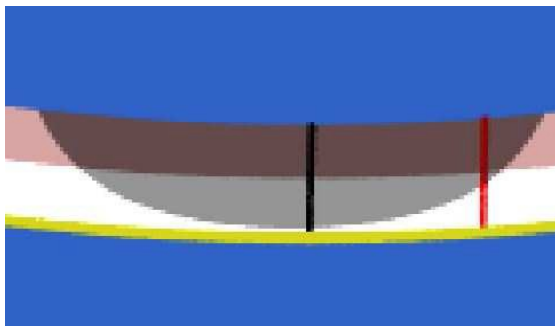
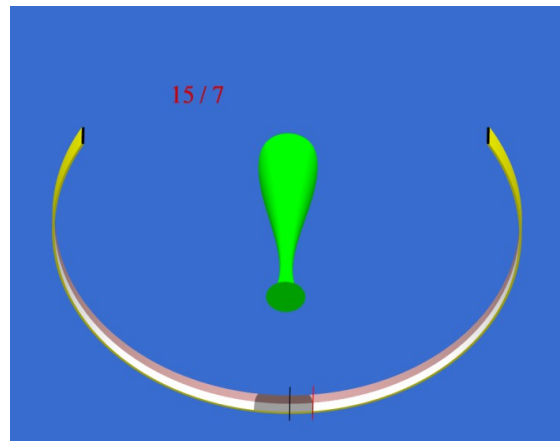


Figure 29

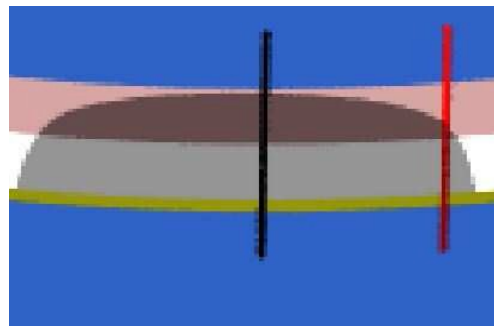
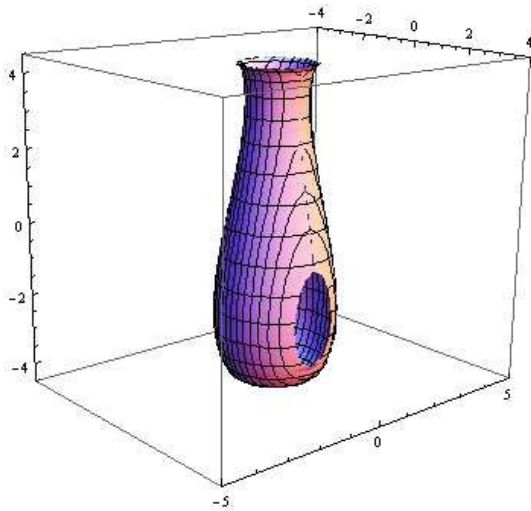


Figure 30

On voit sur la figure 29 que le test de fonctionnement du gnomon hiver-printemps le 30 décembre n'est pas bon. Sur la figure 30, c'est celui du gnomon été-automne testé pour le 22 Juin qui présente une anomalie. Pour comprendre le comportement étrange de ces solides découpons-les avec des plans parallèles à leur axe (axe polaire). La distance entre l'axe de ces plans varie au cours de l'année et s'élève à r (fonction d' ε selon le rapport 2).



▲ Fig. 31 – Section du gnomon façonné hiver-printemps par un plan horaire distant $r(\varepsilon)$ de l'axe.

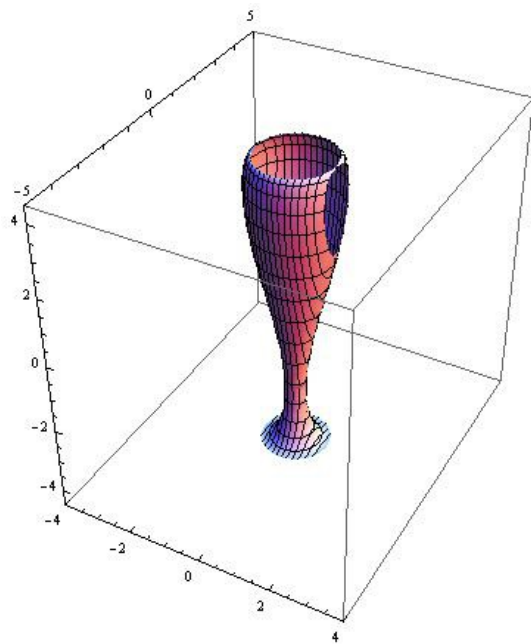
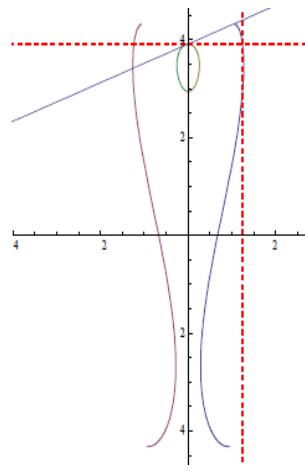
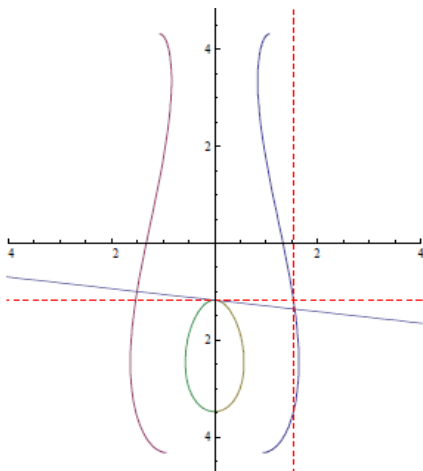


Fig. 32 – Section du gnomon façonné été-automne par un plan horaire distant $r(\varepsilon)$ de l'axe. ►

Le contour de la section générée par le plan horaire est une courbe généralement fermée et ovoïdale et le rayon solaire qui indiquera l'heure sur l'échelle de l'horloge devra être tangente à cette courbe. Le rayon solaire avec une pente δ touche le "profil façonné" en un point de la section à hauteur h et à la distance r . Par conséquent, le rayon aura une incidence automatiquement au point $\alpha + \varepsilon$.



Le schéma de la page précédente à gauche (Fig 33) montre une section correspondant au 5 mars, le schéma (Fig 34) à sa droite, montre une section correspondant au 15 juillet.

Dans ces sections, il semblerait que les disques transversaux responsables de l'ombre voulue le 5 Mars et le 15 Juillet (et leurs semblables) ne sont pas perturbés par la présence de disques sous-jacents ou sus-jacents. En réalité, si l'on grossît fortement le dessin aux points de tangence du rayon, on verrait l'existence "d'obstacles", aussi minim soient-ils.

En fait, le point de tangence souhaité est situé ou sur le maximum ou sur le minimum de la courbe symétrique qui est générée en divisant une surface de rotation autour de l'axe polaire par un plan parallèle à celui-ci à une distance $r(\varepsilon)$. Sur ces points (maximum ou minimum) la tangente ne peut pas être orthogonale à l'axe de symétrie et par conséquent ne peut pas avoir une pente générique δ .

Cependant, l'erreur de l' affichage de l'heure sur le plan équatorial n'est pas appréciable. On peut dire également que ce petit écart sera éliminé par d'autres méthodes présentées plus loin (méthode de l'enveloppe et méthode géométrique-différentielle).

Ce qui est remarquable, c'est l'erreur qui se produit vers les solstices et surtout au début de chaque nouvelle session semestrielle dès que le nouveau "gnomon façonné" est installé.

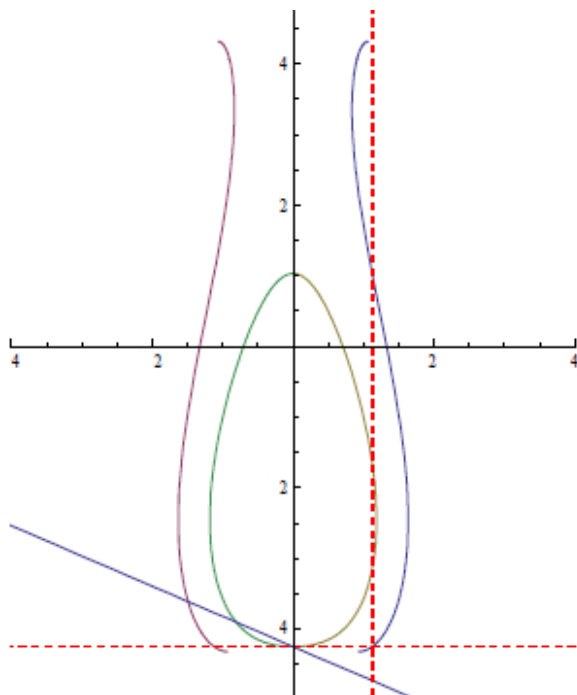


Fig. 35 – La section le 30 Décembre.

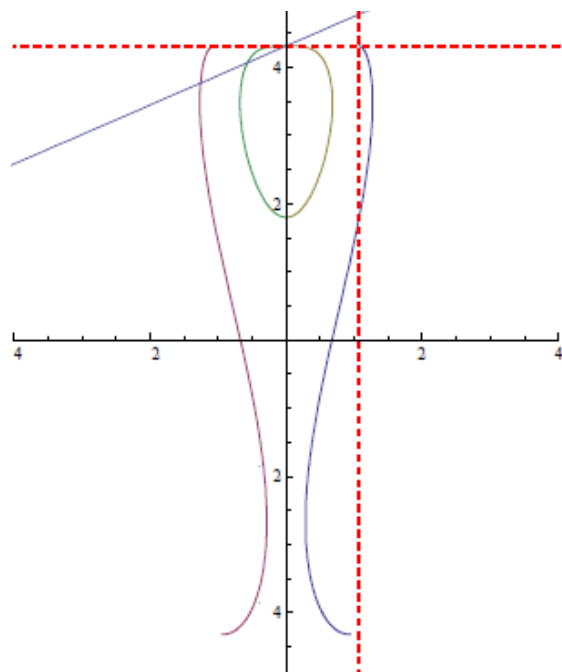


Fig. 36 – La section le 22 Juin.

Comme on peut le voir sur figure 35, le rayon est entravé par le corps solide du "gnomon façonné", ce, dans la partie au-dessus du point de tangence. En d'autres termes le rayon tangent pour monter doit traverser le corps solide du "gnomon façonné".

Se produit le même phénomène, quoique moins sévèrement, pour le gnomon été - automne (Fig. 36).

De même juste avant la fin du semestre l'indication de l'heure n'est pas parfaite à cause de la forme évasée du "gnomon façonné" (voir Fig. 37).

Donc, les "gnomons façonnés", conçus comme une succession de disques individuels de rayon r à des hauteur h et assemblés entre eux pour former un corps solide, sont "limités" pour indiquer le temps civil avec une précision extrême.

Fig. 37 – Section le 3 Décembre. ►

Y a t-il un moyen de remédier à ces inconvénients?

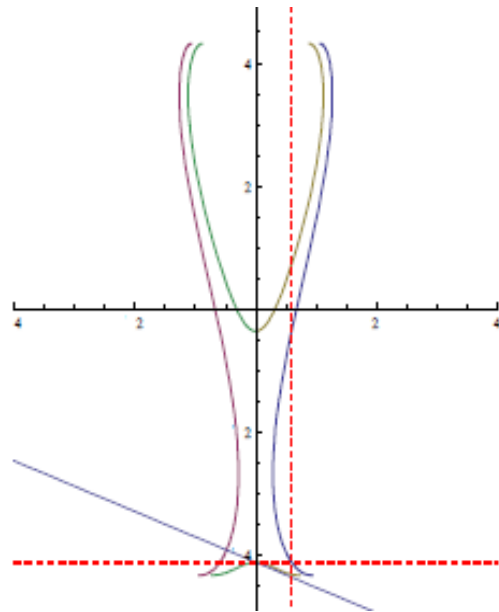
- Cadran de Martin Bernhardt

Pour le cadran solaire inventé en 1965 par Martin Bernhardt il a été proposé des compromis faisant perdre à celui-ci les prérogatives de ne pas devoir être réglée sur une date, mais seulement pour quelques jours après les solstices dès que le nouveau gnomon a été installé.

En d'autres termes le gnomon est posé sur un support réglable à vis qui, pour le gnomon hiver-printemps, le tient plus élevé le long de l'axe de telle sorte que le rayon ascendant le frôle et tombe au bon endroit sur le cadran. De la même façon le gnomon été-automne est initialement placé légèrement plus en bas de sorte que le rayon descendant l'effleure. Après quelques jours, ces "ajustements" ne sont plus nécessaires et les gnomons fonctionnent parfaitement.



Fig. 38 – Horloge équatoriale de Martin Bernhardt (De Prezision Sonnenhur)



Notez bien que dans nos exemples, le cadran se lit en regardant vers le nord (système gnomonique SOGR c'est à-dire: Soleil - Observateur - Gnomon - Réseau/Cadran), alors que l'horloge de Bernhardt se lit en regardant vers le sud (système gnomonique SGRO ou Soleil - Gnomon - Réseau/Cadran - Observateur) et l'échelle des heures se déroule dans le sens antihoraire.

Abordons-nous maintenant le problème d'un autre point de vue . Les rayons du soleil qui, par rapport au plan équatorial, ont la pente δ , au cours de la journée

tournent autour de l'axe polaire en touchant le disque de rayon r à la hauteur h en faisant ça, ils décrivent un hyperboloïde à une nappe (la classique surface cannelée sous la forme d'un panier en osier) ayant pour axe l'axe polaire.

Les sections transversales de cet hyperboloïde sont des cercles dont le cercle plus petit ou gorge est celui de notre disque

Si l'on dissèque l'hyperboloïde par des plans parallèles à son axe (c'est-à-dire par des plans horaires), on obtient une famille d'hyperboles.

Parmi ces plans sectionneurs, parallèles à l'axe polaire, sont d'intérêt ceux qui touchent également la gorge en générant des hyperboles dégénérées composées de deux lignes qui se croisent (fig. 39).

Ces droites sont les rayons du soleil qu'on a considéré jusqu'à présent dans la description des montres avec "gnomon façonné" ayant choisi des disques de rayon r et de hauteur h selon les équations 2) et 3), mais si au lieu du "disque gorge", nous en avons pris un plus en haut ou plus en bas, quelles seraient les conséquences?

Comme la Fig. 39 le montre, les circonférences de ces disques, autres que "la gorge", passent également sur les rayons du soleil qui touchent directement le "disque gorge" et donc l'ombre de ces

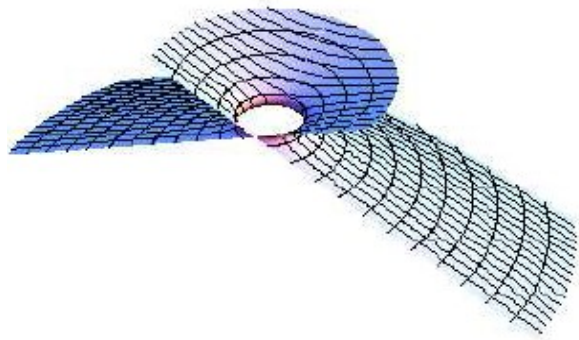


Fig. 39 – Hyperboloïde décrit par les rayons solaires et sectionné par un plan tangent à la gorge et parallèle à l'axe polaire

disques, quoique n'étant plus symétrique (fig.41), est encore utile pour indiquer le temps correct et nous pourrions les envisager pour essayer de réduire les erreurs intrinsèquement liés à la méthode du gnomon façonné comme décrit ci-dessus.



Fig. 40 – Ombre générée par le "disque gorge" de l'hyperboloïde

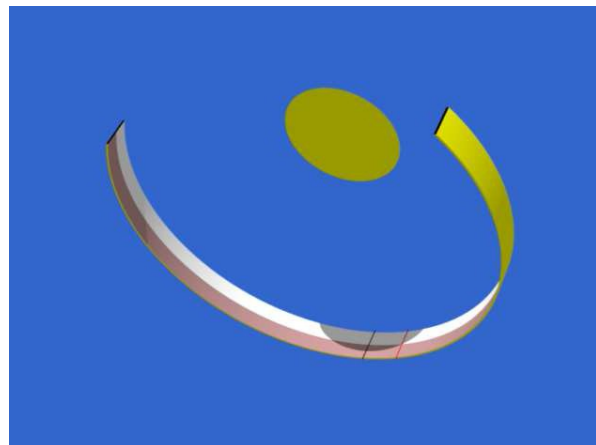


Fig. 41 – Ombre générée par un disque placé plus haut mais appartenant à la même hyperboloïde

Essayons donc, pour générer le profil des gnomons, d'utiliser non plus les équations 2) et 3), mais l'enveloppe de toutes les hyperboles qui sont obtenues par tronçonnage de tous les

hyperboloïdes qui, chaque jour, sont générés par les rotations des rayons solaires inclinés δ .

Le plan sectionneur que nous allons utiliser, contient l'axe polaire et l'enveloppe des hyperboles qui se forment, pour générer la forme de gnomons en créant grâce à lui, un solide de rotation.

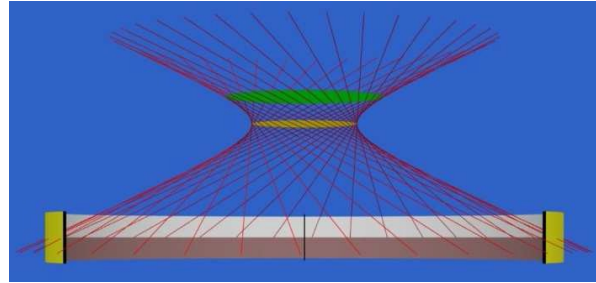


Fig. 42 – Formation de l'hyperboloïde avec $\delta = 23.43$ (solstice d'été) ▶

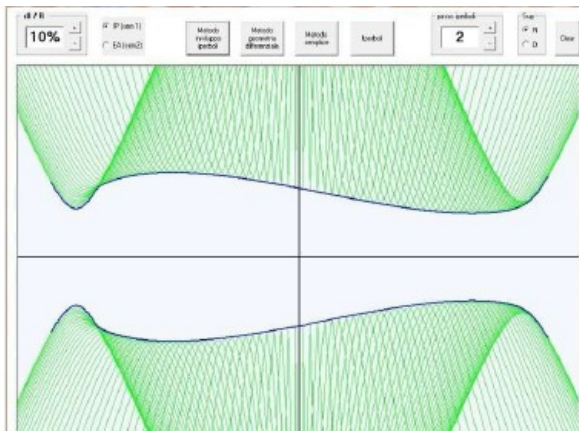


Fig. 43 – Hyperboles, sections de hyperboloïdes de la période Hiver-Printemps, et leur enveloppe

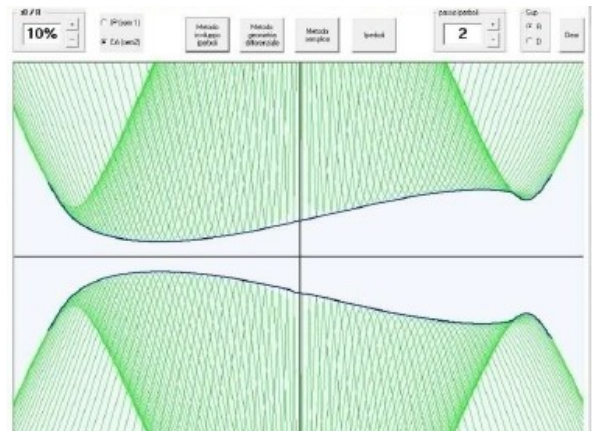


Fig. 44 – Hyperboles, sections des hyperboloïdes de la période Été-Automne, et leur enveloppe

La comparaison entre les deux types de profils est inintéressante. L'une que j'appellerais "naïf" est basée sur les équations 2) et 3) et l'autre sur celle des enveloppes.

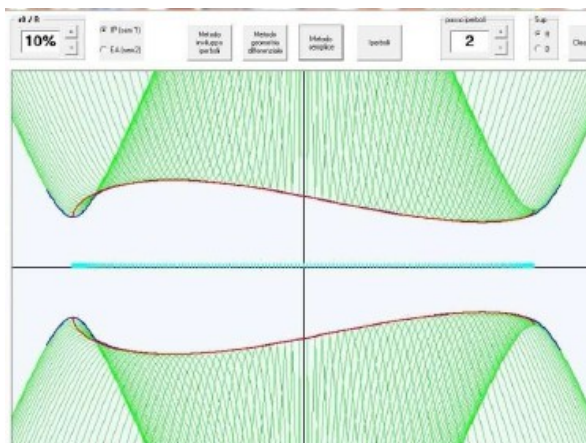


Fig. 45 – Profils de comparaison (hiver, printemps)

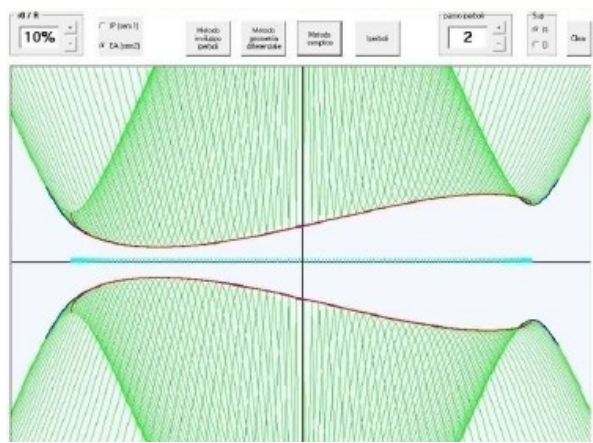
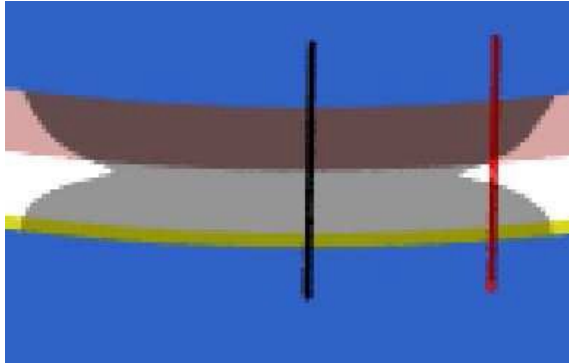


Fig. 46 – Profils de comparaison (automne, été)

Comme on peut le constater, les profils basés sur les "enveloppes" sont pratiquement identiques, dans la région central loin des solstices, à ceux obtenus à partir des équations 2) et 3). Dans les zones extrêmes, ils sont différents.

En utilisant POV sur des "gnomons façonnés" à travers les enveloppes de l'hyperbole et en mettant les résultats en comparaison avec les tests décrits précédemment, on voit que l'erreur aux solstices devient presque négligeable.



Si l'on observe l'ensemble des hyperboles dans les figures 48 et 49, on voit que aux solstices elles se croisent toutes dans des zones très restreintes. Peut alors être pris en considération l'idée de découper net les gnomons "défectueux" juste en correspondance de ces zones en s'appuyant sur la propriété représentée sur les Fig. 40 et 41.

◀ Fig. 47 - Test de fonctionnement du gnomon hiver - printemps le 30 Décembre avec gnomon, type enveloppe

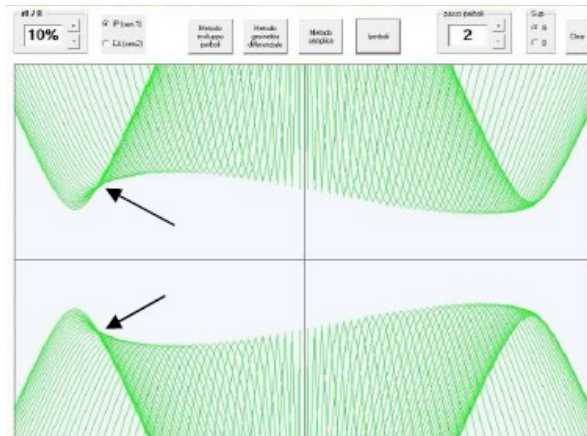


Fig. 48 – Point de coupe du profil hiver- printemps

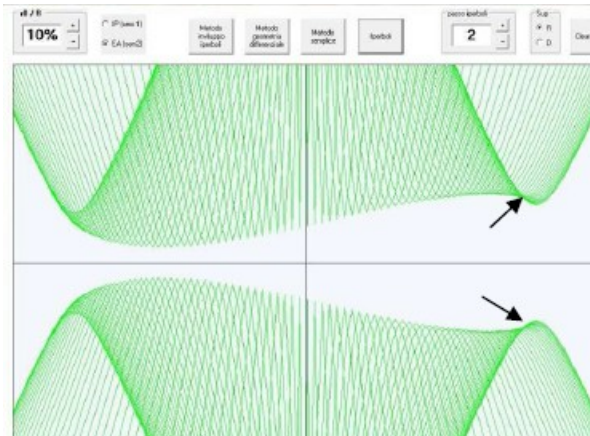


Fig. 49 – Point de coupe du profil automne d'été

- Cadran de Werner Riegler

C'est ce qu'a fait le gnomoniste autrichien Werner Riegler (physicien chercheur au CERN)⁷ quand il a conçu le beau cadran équatorial de la figure 50, où, entre autres choses, il n'est même plus nécessaire de 'échanger de gnomons tous les six mois. Ici, ils sont insérés l'un dans l'autre et font "transparence" par une trame à réseau. Au cours de cette analyse, j'ai également examiné une méthode basée sur le calcul vectoriel et la géométrie différentielle pour générer le profil. La méthode a été proposée par Jörg Meyer⁸ et illustré par Rolf Wieland⁹. Le



Fig. 50 – Horloge équatoriale

7 Werner Riegler - *A Novel Sundial with Double Indicator and Calendar* – http://riegler.home.cern.ch/riegler/sundial/files/meeting_2004_english.pdf

8 Jörg Meyer - *Die Sonnenhur und ihre Theorie (Die Minutenwalze pag. 417)* – Verlag Harri Deutsch

9 Rolf Wieland – *How Accurate Are Bernhardt Rollers?* – The Compendium NASS 2011 2

résultat de cette troisième méthode est, comme d'habitude, de Werner Riegler
 équivalant pour la partie centrale des gnomons et différente aux extrêmes. Cependant, par
 simulations il me semble que cela n'est pas décisif. La raison est toujours la même : "Les rayons du
 soleil ne percent pas le solide non transparent."

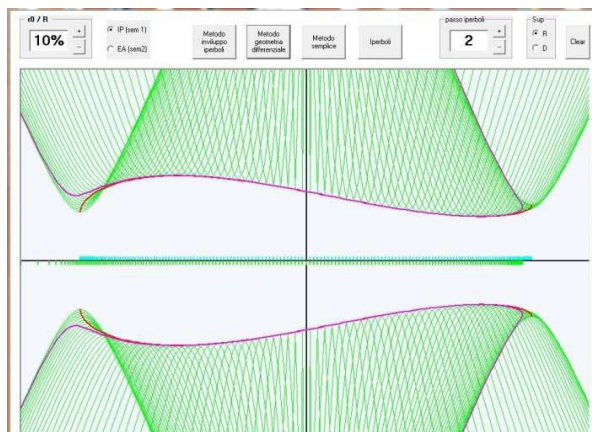


Fig. 51 – Méthode Géométrique différentielle comparée avec la méthode simple (hiver-printemps)

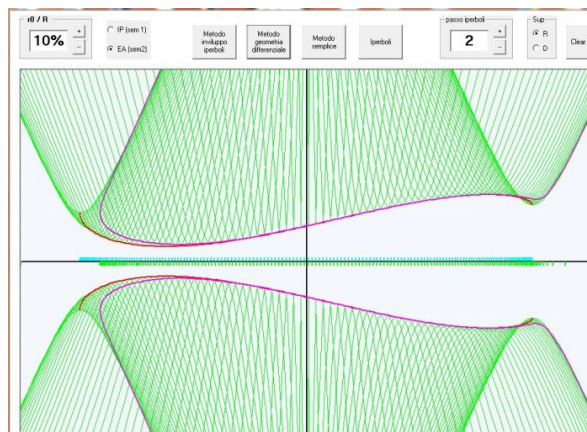


Fig. 52 – Méthode Géométrique différentielle comparée avec la méthode simple (été-automne)

Conclusion

Après avoir rapidement passé en revue plusieurs méthodes pour transformer le temps solaire vrai en temps (moyen) civil, il a été analysé plus en détail le cadran équatorial à "gnomons façonnés".

Ce dernier type d'horloge (à part quelques petits problèmes aux environs des solstices qui peuvent être réduits ou éliminés par une des méthodes exposées) est particulièrement fascinante. En effet à la différence d'autres conceptions, elle ne nécessite pas d'être étalonnée, c'est à dire réglé sur la date du jour. Elle exige seulement une intervention tous les six mois.

Enfin, avec la technique comme par exemple celle utilisée par Riegler ou même en plaçant deux cadrans voisins (un pour les courbes hiver-printemps et l'autre pour elles d'été-automne), il n'est jamais vraiment nécessaire d'intervenir.

Bibliographie

Références en complément de celles données en "note de bas de page" :

° Keijo Ruohonen - *Sundials and Mathematical Surfaces* – Institute of Mathematics, Tampere University of Technology – Finland





Les plaies du rhombicuboctaèdre

Joseph Theubet

Monsieur Jourdain ignorait cette appellation et pourtant, il connaissait probablement le multiface du Mont Sainte-Odile, orgueil de la gnomonique alsacienne.

Ce polyèdre du XVIII^e siècle (?), conçu à l'abbaye de Neubourg, passionne les gnomonistes depuis quelques générations, à commencer par René Rohr. Dernièrement, deux brochures lui ont été consacrées, rédigées par des membres de notre Commission, Alfred Roth¹ et Jean-Marie Poncelet². Les 24 faces sont analysées avec minutie, sans pour autant en supprimer tous les mystères.

En observant attentivement certaines faces, on y voit des *plaies* relatives à la position des styles (photo de gauche). J.-M. Poncelet note :

« On pense qu'autrefois les styles étaient réalisés avec des tiges métalliques dont on voit encore les points d'ancrage dans le grès. Ces tiges étant trop facilement déformables surtout dans les lieux publics, elles ont été remplacées par des plaques métalliques très rigides. »



¹*Cadran solaire du Mont-Ste-Odile.-* Lecture et interprétation.- Initiation à la gnomonique, 1995, 2006, 44pages

²*Le monument gnomonique d Mont-Ste Odile*, 2008, 23 pages édité par la Société d'Histoire et d'Archéologie, Dambach, Barr, Obernai

Un autre gnomoniste alsacien, Paul Schott, a reproduit ces styles sur le cadran solaire du Jardin botanique de Strasbourg, un polyèdre proche de celui du Mt Ste-Odile³ (photo de droite)

« Un problème cependant reste entier. Les trous visibles des anciens scellements au plomb ne correspondent pas, sauf exceptions, aux styles actuels ni à leurs tracés ! À l'origine, le multiface présentait-il d'autres tracés ? S'agirait-il d'un cadran réutilisé ? Je pense que, vu la présence de ces trous fermés au plomb, nous sommes face à un original. Les archives du séminaire St-Thomas à la Robertsau peuvent-elles nous renseigner sur une éventuelle restauration ? »

Le travail des historiens et des gnomonistes alsaciens est donc loin d'être terminé, mais, connaissant leur obstination, ils auront à cœur de poursuivre leurs recherches.



⇒ Dans la version numérique, vous trouverez en annexe :

Le dossier "Ste-Odile_Polyèdre" qui contient l'ensemble des photographies prises par l'auteur.



³Nous reviendrons sur la parenté de ces deux polyèdres avec en plus un troisième qui se trouve à Griesbach (Alsace).



Le temps d'un sourire

Joseph Theubet

Tous les arbres ne sont pas nos amis...

En l'espace de quelques jours passés en Alsace, j'ai constaté que deux superbes cadrans solaires sombraient dans l'oubli confrontés à une végétation luxuriante. Pour preuve, le cadran de l'hôpital de Molsheim et celui de la chapelle de Lorette situé au-dessus de l'église romane de Murbach.

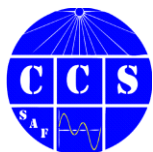


Je me suis laissé dire qu'en son temps, le WWF avait lancé une campagne ayant comme slogan : «*Pour sauver un arbre, mangez un castor !*» Si tout ceci est vrai, il semblerait qu'elle ait eu un certain succès, puisque la prolifération de ces arbres va jusqu'à occulter d'innocents cadrans solaires qui pourtant, avaient aidé toute une communauté à bien organiser son emploi du temps. Comment donc éviter ces périls *sur* la demeure, sachant que la durée de vie d'un arbre n'est pas forcément plus courte que celle d'un cadran solaire ? Il revient aux gnomonistes la possibilité de s'inspirer du WWF en lançant à leur tour une campagne de sensibilisation ayant pour thème :

« Pour sauver un cadran solaire, sciez un arbre ! ».

Une action qui illuminerait bien des murs porteurs d'horloges solaires.
A méditer donc...





Révélations gnomoniques au monastère

Joseph Theubet

Voilà bien un titre digne d'un roman historique de Peter Tremayne, et pourtant, il reflète tout à fait le caractère de ma visite à L'abbaye de St-Maurice (CH-Valais)..

Ce haut lieu de la Foi s'enorgueillit, que dis-je, a l'humilité d'être le premier monastère chrétien d'Occident, puisqu'elle date du début du VI^e siècle.

Suite à la diffusion par notre Président de l'article « *Le cadran solaire polyédrique et multiface de l'Abbaye de St-Maurice* » de Charles Février¹, je me suis rendu sur place afin de le photographier sous toutes ses 17 faces. Mgr J. Roduit, Supérieur du monastère, a bien voulu m'accompagner au deuxième étage du clocher où cette pierre *précieuse* (fin XVII^e/XVIII^e s.) se morfond depuis plusieurs décennies. J'ai eu le privilège de la photographier à souhait et vous avez tout le loisir de visionner les photos sur le CD du présent bulletin Cadran Info.



▲ Abbaye de St-Maurice

Cadran polyédrique à 17 faces ►



Mgr Roduit me conduisit ensuite dans les combles d'une annexe (1693) pour y *dénicher* un grand cadran vertical caché derrière de hautes piles de cageots (Dim. 210cm de large, Partie inférieure dissimulée par un plancher, Devise : NASCITUR ET SENESCIT).

A l'origine, le mur sud présentant le cadran délimitait une partie de cloître aujourd'hui disparu. Plus un toit ajouté, et le grenier fut !

¹ in *Chronométriphilia*, No 10, été 1981



Deux photographies du cadran découvert dans les combles

Je n'étais pas au bout de mes émotions, car l'Abbé me réservait une autre surprise sur le rebord de la fenêtre de son appartement privé : un petit cadran solaire horizontal était gravé sur l'appui de la fenêtre (Dim. 13x14cm, Heures de 6 à 17, Façade sud-est). Le livre de J.-M. Biner² recense encore des cadrans du même type dans deux autres cellules. On peut vraisemblablement les dater du début du XVIIIe siècle.



Cadran sur l'appui de la fenêtre

La visite gnomonique de l'abbaye ne pouvait s'avérer plus riche, même si ces cadrans ont *perdu* leur style.

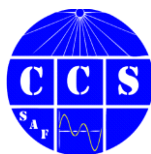
Il ne reste plus qu'à souhaiter la restauration de ces horloges solaires uniques sous le patronage de saint Maurice et de Monseigneur Roudit.

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

Le dossier "Abbaye de St-Maurice_CS" contient l'ensemble des photographies de l'abbaye.



2- Jean-Marie Biner, *Les cadrans solaires du Valais*. Éditions du Manoir, Sierre, 1974



Construction géométrique d'un cadran

Carmelo et Angelo Urfalino

Traduction Riccardo Anselmi & Paul Gagnaire

Construction géométrique d'un cadran solaire vertical et déclinant, sans connaître ni la latitude du lieu, ni la déclinaison du mur, ni la déclinaison du Soleil

Advocandum est nobis gnomonices summae, ac divinae artis fulmentum: explicari enim desiderium nostrum ad verum nisi per umbrae momenta non potest¹

Hyginus (*A*)

Le but de ce bref "essai" de construction d'un cadran vertical déclinant est d'amener le gnomoniste aux origines de cette science, c'est à dire au seul emploi d'une règle et d'un compas pour s'en remettre à l'analemme de Vitruve. Cela redonne la priorité à l'ombre, qui déjà perdait son aspect fondamental avec l'analemme de Ptolémée, pour évoluer au fil du temps vers la trigonométrie moderne.

Aujourd'hui, la construction d'un tel cadran demande la connaissance initiale de la latitude et de la déclinaison du "mur" ; ici nous opérerons sans elles.

On avait à justifier la variation de la durée du jour et de la nuit, ainsi que la longueur de l'ombre en fonction des saisons et du lieu (klima); la détermination de la latitude (declinatio caeli) a été une des premières conquêtes des anciens astronomes, à partir des études de Vitruve, pour la réalisation des analemmes.

Nombreux sont les écrits concernant la reconstruction du cheminement qui a conduit à cette conquête, identique, sur une longue période, à la cosmographie. Vaste et problématique est la littérature à ce sujet. Il suffit de penser au débat sur la datation de la division du cercle en degrés, la table des cordes². Mais aborder cela présentement, nous emmènerait loin de l'objet de notre étude et aurait pour seul résultat d'ennuyer le lecteur.

En abandonnant cette tâche à des historiens professionnels, nous allons discuter de la construction d'un mur vertical et d'un cadran solaire déclinant et incliné, comme annoncé dans le titre, et cela, sans connaître la latitude du lieu, ni la déclinaison du mur. Nous échappons ainsi au fondement même de la Gnomonique.

Parce qu'il a fait école, nous placerons notre thèse dans les termes du schéma conceptuel de Vitruve sur l'analemme, en rappelant simplement, pour ne pas devenir prolix, les étapes qui nous concernent particulièrement, à commencer par celles avec lesquelles l'architecte romain introduit sa construction : (Voir annexe)

¹Nous devons recourir aux fondements de la Gnomonique et nous appuyer sur cet Art divin, car notre désir d'atteindre la Vérité ne peut se réaliser autrement que grâce aux mouvements de l'Ombre. (Trad : PG)

² Voir Á. Szabó et E. Maula, Les débuts de l'astronomie de la géographie et de la trigonométrie chez les Grecs, ed. Vrin, Paris 1986

Namque sol, aequinoctiali tempore Ariete Libraque versando, quas e gnomone partes novem habemus, eas umbrae facit VIII in declinatione caeli quae est Roma. Itemque Athenis, quam magnae sunt gnomonis partes quattuor, umbrae sunt tres... Itaque, in quibuscumque locis horologia erunt, describenda, eo loci sumenda est aequinoctialis umbra³ (texte en latin)

imperoche il Sole al tempo dello equinottio raggirandosi nel Montone, o nella Bilancia di nove parti del Gnomone otto ne fa di ombra, in quella inclinatione, che è a Roma. Et in Athene tre parti sono dell'ombra di quattro del Gnomone... et però in ogni luogo, che noi vorremo fare gli horologi, dovemo pigliare l'ombra equinottiale⁴. (texte en italien ancien)

Traduction de ces deux textes : « En effet, le Soleil, lorsque aux équinoxes, il entre dans le Bélier ou la Balance, pousse une ombre de 8 pieds, avec un gnomon de 9 pieds, à la latitude de Rome, mais de 3 pieds, avec un gnomon de 4 pieds, à la latitude d'Athènes C'est pourquoi, en tout lieu qui devra être doté de cadrans solaires, pour en construire les tracés, il faudra prendre en compte l'ombre équinoxiale. »

Il est impossible, d'après Vitruve, de commencer à dessiner un analemme sans connaître le rapport entre l'ombre à l'équinoxe et le gnomon :

umbrarum enim aequinoctialium magnitudinibus designantur analemmatorum formae, e quibus perficiuntur ad rationem locorum et umbrae gnomonum horarum descriptiones⁵,

« par ce que, à partir des longueurs des ombres équinoxiales, seront dessinées les formes des analemmes et qu'à partir de ces dernières, on trace parfaitement les lignes horaires, selon les lieux et les ombres des gnomons⁶ » (traduction du texte précédent).

Face à tel "Magistère", aurions-nous commis une bévue? Nous pensons que non. En élevant un mur vertical et déclinant, peu importe de savoir si son orientation est vers l'Est ou vers l'Ouest. Disons également que l'on peut dessiner des analemmes, donc un cadran solaire, sans connaître la latitude du lieu ni l'azimut de la paroi. Cependant, offrant ces pages au lecteur, confiant dans sa liberté de jugement, nous nous remettons à ses critiques, si elles sont indulgentes envers notre erreur éventuelle.

En réalité, l'inconnue du problème, en règle générale, n'est pas la latitude du lieu, mais la hauteur de la paroi, par rapport au Pôle. Ce sera donc, la "hauteur" du centre du cadran déclinant, que nous devons déterminer avec les indications qui suivent.

N'importe quel jour de l'année, implanter au point S, un gnomon de longueur arbitraire SG (figure 1), en utilisant la méthode du "cercle indien"⁷ directement sur le mur. Nous déterminons la direction de la sous-stylaire, qui est la ligne "méridienne du mur". Avec la même méthode du cercle hindou, cette fois exécutée sur une table horizontale auxiliaire, déterminer la "méridienne du lieu" (meridiana locale). Un autre jour, à l'instant du transit du Soleil par la méridienne horizontale locale (déterminable sur la table horizontale auxiliaire), pointez l'extrémité de l'ombre du gnomon SG sur le mur, soit P.

³ Les passages en latin du *De Architectura* de Vitruve sont issus du texte de Jean Soubiran: *Vitruve, De L'Architecture*, Livre IX, Les Belles Lettres, Paris, 2003, p. 9 (les italique et les gras sont de nous)

⁴ Daniele Barbaro, *Les Dix Livres de L'Architecture par M. Vitruvio*, in Venetia, MDLXVII, Livre IX, Cap. VIII, page. 404

⁵ J. Soubiran, *ibid.* pag. 26

⁶ D. Barbaro, *ibid.* Cap. IV, pag. 366

⁷ Technique du cercle hindou par M. Ugon dans *Cadran Info* n° 27 (information de Ph. Sauvageot)

Après cela, du point P, tracez une ligne verticale à celle de l'horizon, soit m cette ligne, qui est la ligne méridienne locale. Le point de rencontre de m avec la ligne d'horizon sera appelé M. Prolonger suffisamment cette verticale, m , et la ligne sous-styloire de façon qu'elles se coupent, soit C ce point, centre astronomique du cadran.

Après avoir rabattu le gnomon sur le mur, et rejoint C à G, on obtient l'axe polaire CG et sa "hauteur" donnée par l'angle β par rapport à la sous-styloire. C'est ce que nous cherchions.

Quelques considérations obligatoires nous obligent à laisser, pendant un moment, notre démonstration pour retourner à Vitruve.

L'architecte d'Auguste (*B*) nous a appris que chaque fois que nous voulons faire un cadran solaire, nous devons définir l'ombre équinoxiale nécessaire pour tracer la forme de l'analemme. Mais son explication, il le dit lui-même⁸, est incomplète, dans le cas particulier du cadran horizontal, en laissant incertaines entre autres, la construction des lignes horaires et leurs longueurs réelles, ici juste abordées :

*Cum hoc ita sit de scriptum et explicatum, sive per hibernas, sive per aestivas, sive per aequinoctiales aut etiam per mestrui, in subiectionibus rationes horarum erunt ex analemmatos describendae*⁹

«Ayant ainsi décrit et expliqué l'analemme, tant pour les lignes d'hiver que pour les lignes d'été, tant pour les heures équinoxiales que pour celles qui s'échelonnent de mois en mois, on devra détailler les modules de la construction (= les caractéristiques quantitatives) des heures analemmatiques ».

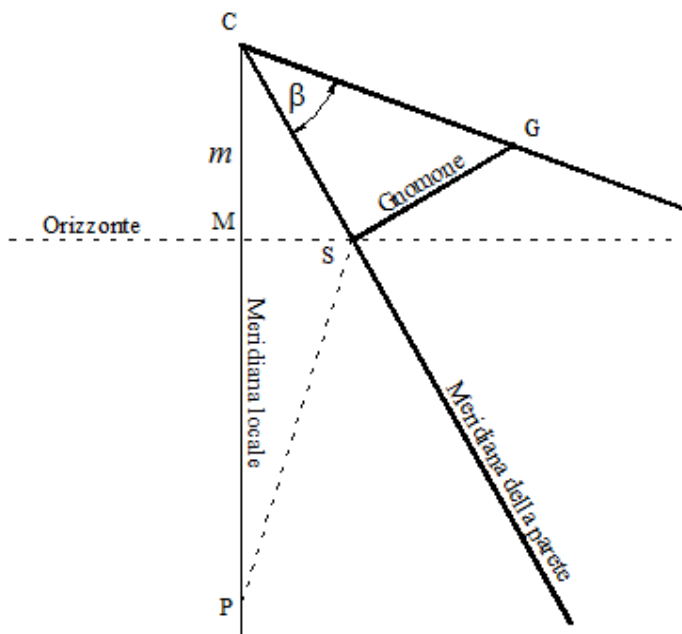
Toutefois, en lisant entre les lignes, ce passage nous en dit plus que nécessaire. Il nous conduit au cœur du problème ; tout d'abord Vitruve ne pouvait pas ignorer la règle d'application de l'analemme : un analemme pour chaque ligne-horaire. Mais surtout, et c'est d'une importance majeure, il ne pouvait pas ignorer l'incidence des changements dans la hauteur du pôle (*declinatio caeli*) de chaque analemme, pour chaque ligne horaire, comme cela est connu par quiconque a pris soin de tracer (de solstice à solstice) les lignes horaires d'un cadran par les analemme¹⁰.

⁸ Ibid. Chapitre VIII, p. 408: «J'ai laissé de côté ces questions, non par paresse, mais pour ne pas lasser le lecteur. Je les exposerai seulement à l'intention de ceux qui ont découvert beaucoup de types de cadrans et beaucoup de descriptions gnomoniques ».

⁹ J. Soubiran, *ibid.* pag. 29

¹⁰ Pour un approfondissement de cette méthode, voir : Louis Ronca, *Gnomonique sur la sphère et sur l'analemme de Vitruve*, Rome, Académie des Lincei 1976.

Fig. 1



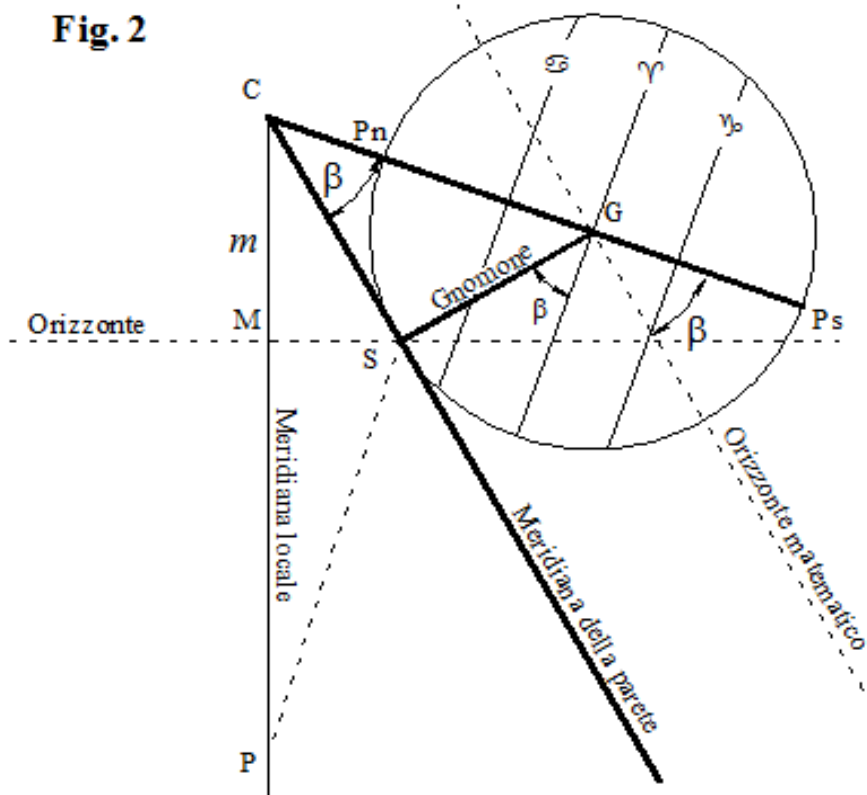
Cela dit, ce que nous avons fait jusqu'ici n'a rien été d'autre que :

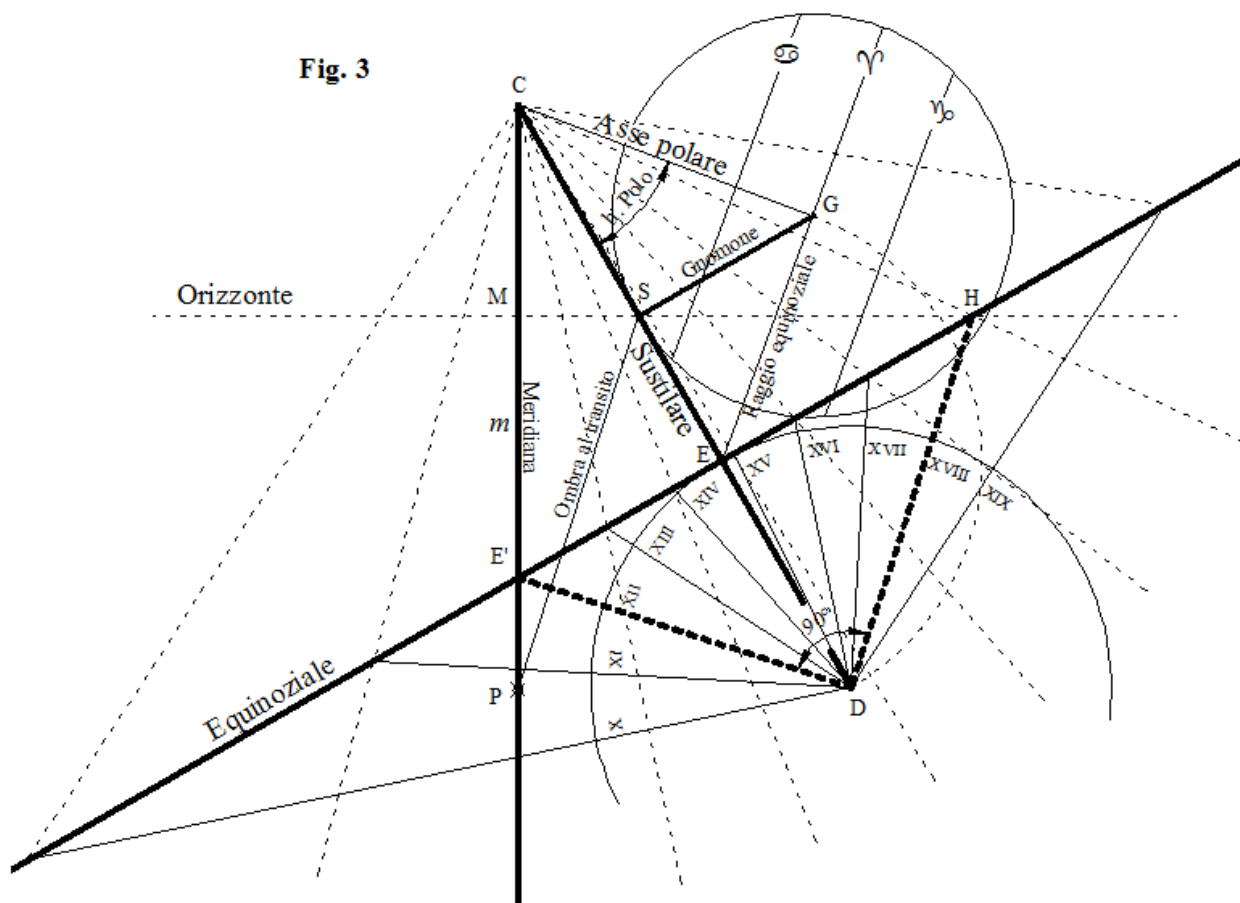
- déterminer la hauteur du pôle par rapport au mur (qui, il faut le noter, n'est pas la latitude du lieu, inconnue pour nous).
- construire la ligne sous-styloire, qui est la "ligne méridienne propre du mur" (à ne pas confondre avec le méridien local), c'est à dire l'intersection entre le plan du cadran et le plan du méridien qui lui est perpendiculaire ; en d'autres termes : la ligne horaire de transit du Soleil sur le mur, son midi.

Maintenant, nous pouvons faire figurer l'analemme (fig. 2), sans devoir recourir à l'ombre équinoxiale que cependant exigeait Vitruve, tel un axiome. En effet, nous avons :

- 1°) la ligne d'horizon (orizzonte), qui se trouve sur le plan de la paroi déjà garni de la ligne sous-styloire.
- 2°) la hauteur du Pôle (angle β)
- 3°) le ciel étoilé au dessus de nos têtes ! Nous n'avons besoin de rien d'autre.

En espérant ne pas avoir troublé les certitudes du lecteur et n'avoir pas abusé de sa patience, nous poursuivons notre démonstration, en dessous de la figure 3.





Avec E pour centre, nous rabattons la pointe G du gnomon, en D qui se trouvera sur la sous-stylaire. Cette opération entraîne aussi un rabattement du cercle équatorial. Son centre D est toujours sur la sous-stylaire, méridien du cadran.

Nous traçons DE' et DH, perpendiculaire à DE'. Nous divisons en six tranches, de 15 degrés chacune, le quart de cercle E'DH. Avant DE' et après DH, nous formons encore d'autres secteurs de 15 degrés. Tous les rayons qui bornent ces secteurs, prolongés au besoin, coupent la ligne équinoxiale. Depuis le centre C, nous traçons des droites qui passent par ces points de division de l'équatoriale. Ce sont les lignes horaires de temps solaire vrai, local du cadran.

Conformément à la méthode de Ronca¹¹, en appliquant sur chaque ligne d'heure les analemmes, l'analemme de la ligne du sous-style construit sur la hauteur du pôle juste trouvée, nous aurons les longueurs, ou *raisons*, des lignes des heures, *rationes horarum*!

ANNEXE PROPOSEE PAR P.Gagnaire

Les citations latines fragmentées proviennent toutes du Livre IX du « De Architectura » de Vitruve, en ses chapitres VII-1 et VII-7. Il nous a paru utile de reprendre ces deux passages intégralement, en la traduction de

¹¹ Luigi Ronca, o. c. Cette méthode de Ronca mérite d'être traitée dans le détail, indépendamment du présent article.

VII-1 : Pour moi, je vais me contenter de la manière de décrire les cadrans et d'expliquer la longueur des jours, dans chaque mois et l'inégalité de l'ombre projetée par le gnomon. Si, lorsque le Soleil est à l'équinoxe, faisant son cours dans le Bélier ou la Balance, le gnomon est divisé en 9 parties, l'ombre en aura 8 sous le parallèle de Rome. Si, à Athènes, le gnomon est divisé en 4 parties, l'ombre en aura 3 ; s'il est divisé en 7 à Rhodes, elle en aura 5 ; s'il l'est en 11 à Tarente, elle en aura 9 ; en 5 à Alexandrie, 3. Dans tous les autres lieux, les ombres équinoxiales des gnomons présentent des longueurs naturellement différentes.

Les dires de Vitruve se vérifient ainsi, le gnomon étant vertical et l'ombre au sol, sur la ligne méridienne :

	Rome	Athènes	Rhodes	Tarente	Alexandrie
Latitude	41°54'	37°58'	36°30'	40°30'	30°40'
Gnomon	9 pieds	4 pieds	7 pieds	11 pieds	5 pieds
Ombre calculée	8,075	3,12	5,18	9,4	2,97
Ombre Vitruve	8	3	5	9	3

VII-7 : Après cette description et cette explication, qu'on prenne pour plan le tropique d'hiver ou le tropique d'été, l'équateur ou l'écliptique, on devra se servir de l'analemme pour tracer les lignes horaires. On peut faire plusieurs espèces de cadrans solaires ; tous se décrivent d'après cette méthode. La seule chose à observer dans leurs figures et descriptions, c'est que, les jours d'équinoxes et ceux des tropiques d'hiver ou d'été, soient divisés en 12 parties égales. Si je n'entre pas dans plus de détails, ce n'est point devant le travail que je recule, mais devant la crainte de devenir fastidieux en devenant trop long.

(*A*) Cet Hyginus est un écrivain romain qui a vécu à cheval sur le IIème et le IIIème siècle après J.C. Son livre « De Astronomia », en 4 tomes reprend beaucoup de légendes mythologiques. Souvent confondu avec Gaius Iulius Iginus, ami d'Ovide, bibliothécaire du temple d'Apollon, sur le mont Palatin. (64 avant J.C. – 17 après J.C.) En italien il est souvent appelé Iginio Astronomo).

(*B*) Dates à comparer	César	Auguste	Vitruve
Naissance	c. 100 avant J.C.	63 avant J.C.	c. 88 avant J.C.
Décès	44 avant J.C.	14 après J.C.	26 avant J.C.





L'octographe

Francis Ziegeltrum

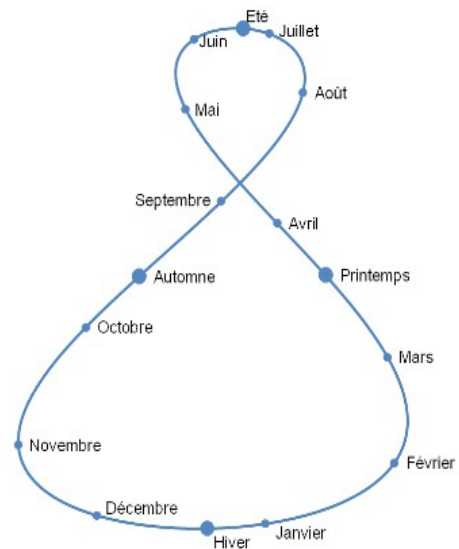
Description d'un traceur mécanique de courbe en huit.

1. Introduction

On appelle courbe en huit la figure tracée dans le ciel par les différentes positions du Soleil relevées à une même heure et depuis un même lieu au cours d'une année calendaire.

La courbe en huit résulte de la différence entre le temps solaire moyen et le temps solaire vrai - c'est à dire l'équation du temps- et de la déclinaison du Soleil. Inversement, tout point de la courbe en huit permet de connaître, pour une date donnée et une heure donnée, la différence entre l'heure solaire et l'heure légale, ainsi que la position de la Terre sur son orbite autour du Soleil. On peut donc imaginer d'intégrer, dans une horloge mécanique, une complication permettant d'indiquer de façon continue la marche du Soleil l'année durant.

Le présent document explique la mise au point d'un tel mécanisme, je l'ai nommé octographe.

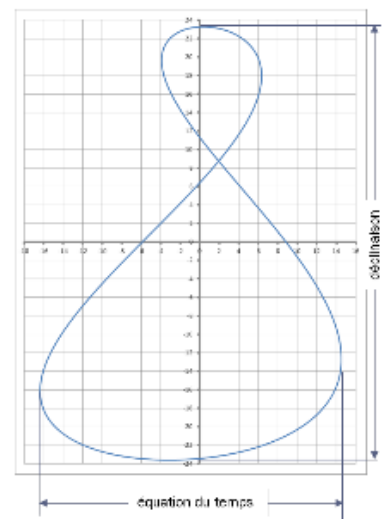


2. Paramétrage de la courbe en huit

Il existe de nombreuses formules simplifiées, plus ou moins précises, permettant de calculer l'équation du temps (E) et la déclinaison du Soleil (δ). Les formules ci-dessous ont, à mon avis, une précision suffisante pour l'usage que l'on veut en faire.

$$\begin{cases} E_{(s)} = 450,68 \sin\left(\frac{2\pi}{365}J - 0,026903\right) + 595,40 \sin\left(\frac{4\pi}{365}J + 0,352835\right) \\ \delta_{(e)} = 23,429 \sin\left(\frac{2\pi}{370,84}J - 1,3616\right) + 0,242 \sin\left(\frac{4\pi}{360,15}J - 1,93\right) \\ 0 \leq J \leq 365 \text{ jours} \end{cases}$$

La courbe en huit se trace donc en prenant comme abscisse l'équation du temps (E) et comme ordonnée la déclinaison du soleil (δ).



On voit bien que les formules, telles qu'elles sont présentées ci-dessus, sont bien trop compliquées pour être transformées en pièces mécaniques.

Par une première simplification, on supprime le terme

$$0,242 \sin\left(\frac{4\pi}{360,15}J - 1,93\right)$$

qui est négligeable par rapport au premier terme de la formule de la déclinaison.

Les formules ont comme variable le nombre de jours à partir du premier janvier. En mécanique, il est plus usuel de travailler avec des angles, en degré, entre 0 et 360°. En effectuant ce changement de variable les formules s'écrivent :

$$\begin{cases} E_{(s)} = 450,68 \sin(t - 1,5203) + 595,40 \sin(2t + 19,939) \\ \delta_{(^\circ)} = 23,429 \sin(t - 75,7335) \\ 0 \leq t \leq 360^\circ \end{cases}$$

Ou encore :

$$\begin{cases} E_{(min)} = 7,5113 \sin(t - 1,5203) + 9,9233 \sin(2t + 19,939) \\ \delta_{(^\circ)} = 23,429 \sin(t - 75,7335) \\ 0 \leq t \leq 360^\circ \end{cases}$$

En choisissant des échelles 1 unité = 1° pour la déclinaison et 1 unité = 1min pour l'équation du temps et en effectuant une dernière simplification n'affectant que très légèrement la précision, la courbe en huit peut être définie par :

$$\begin{cases} E \simeq 75 \sin(t - 1,5) + 100 \sin(2t + 20) \\ \delta \simeq 234 \sin(t - 75,5) \\ 0 \leq t \leq 360^\circ \end{cases}$$

Une dernière transformation $u = t - 1,5 \Leftrightarrow t = u + 1,5$ permet de simplifier les formules pour la mise au point de l'octographe :

$$\begin{cases} E = 75 \sin(u) + 100 \sin(2u + 23) \\ \delta = 234 \sin(u - 74) \\ 0 \leq u \leq 360^\circ \end{cases}$$

3. Conception de l'octographe

La courbe en huit n'est autre que la combinaison de deux mouvements périodiques, l'un agissant suivant les abscisses l'autre suivant les ordonnées. Il est donc logique de concevoir deux mécanismes distincts, l'un générant l'équation du temps, l'autre la déclinaison.

Pour ce faire, on décompose l'équation paramétrée de la courbe en huit et l'on obtient ainsi 2 courbes paramétrées distinctes.

$$\begin{cases} E = 75 \sin(u) + 100 \sin(2u + 23) \\ \delta = 234 \sin(u - 74) \\ 0 \leq u \leq 360^\circ \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_E = 75 \cos(u) + 100 \cos(2u + 23) \\ Y_E = 75 \sin(u) + 100 \sin(2u + 23) \\ 0 \leq u \leq 360^\circ \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_\delta = 0 \\ Y_\delta = 234 \sin(u - 74) \\ 0 \leq u \leq 360^\circ \end{cases}$$

Système d'engrenages équation du temps :
La courbe paramétrée d'équation

$$\begin{cases} X_E = 75 \cos(u) + 100 \cos(2u + 23) \\ Y_E = 75 \sin(u) + 100 \sin(2u + 23) \\ 0 \leq u \leq 360^\circ \end{cases}$$

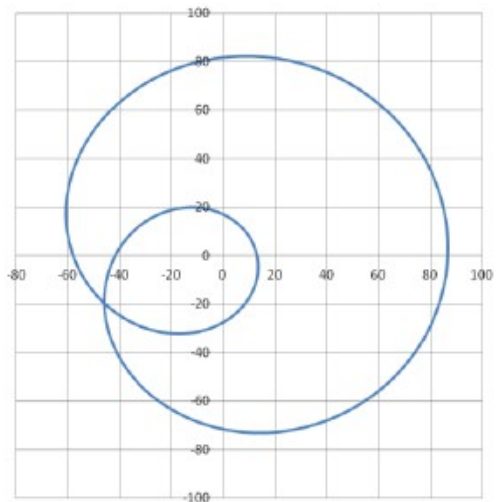
est une épitrochoïde dont l'équation générale est de la forme :

$$\begin{cases} x(\theta) = (R + r) \cos \theta - d \cos\left(\frac{R + r}{r} \theta\right) \\ y(\theta) = (R + r) \sin \theta - d \sin\left(\frac{R + r}{r} \theta\right) \end{cases}$$

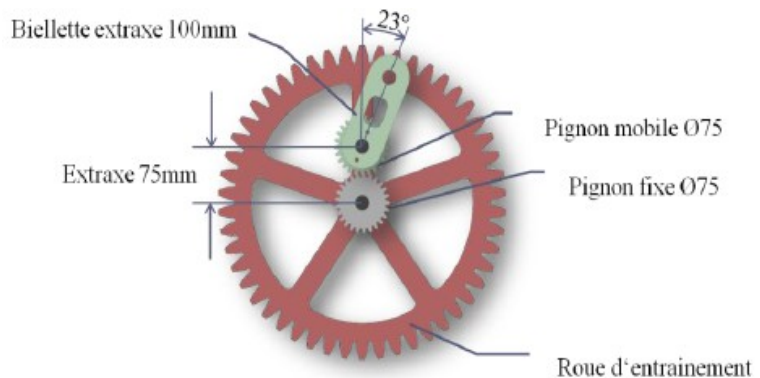
Or si $R = r$, alors :

$$\begin{cases} x(\theta) = 2r \cos \theta - d \cos(2\theta) \\ y(\theta) = 2r \sin \theta - d \sin(2\theta) \end{cases}$$

L'épitrochoïde peut être matérialisée par un système d'engrenages comprenant un pignon fixe et un planétaire de même rayon r roulant autour du pignon. L'extrémité d'une bielle liée au planétaire et d'une longueur " d " décrit une épitrochoïde.



Le système d'engrenage de l'équation du temps est donc de la forme suivante ►



Système d'engrenages déclinaison :

La courbe paramétrée d'équation

$$\begin{cases} X_{\delta} = 0 \\ Y_{\delta} = 234 \sin(u - 74) \\ 0 \leq u \leq 360^{\circ} \end{cases}$$

est une hypocycloïde dont l'équation générale est de la forme :

$$\begin{cases} x(\theta) = (R - r) \cos \theta + r \cos \left(\frac{R - r}{r} \theta \right) \\ y(\theta) = (R - r) \sin \theta - r \sin \left(\frac{R - r}{r} \theta \right) \end{cases}$$

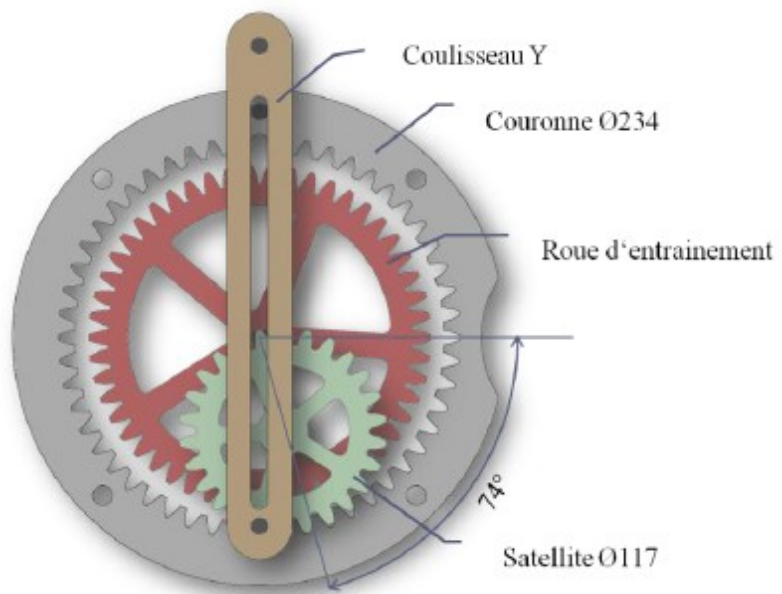
Si $R = 2r$, alors l'équation devient :

$$\begin{cases} x(\theta) = 2r \cos \theta = 2r \sin \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \\ y(\theta) = 0 \end{cases}$$

L'hypocycloïde (dans ce cas réduite à un segment) peut être matérialisée par un système d'engrenages appelé engrenages de la Hire ou de James White comprenant une couronne, une roue d'entraînement et un pignon de diamètre égal au rayon de la couronne.

Ce système transforme un mouvement circulaire en un mouvement linéaire et alternatif.

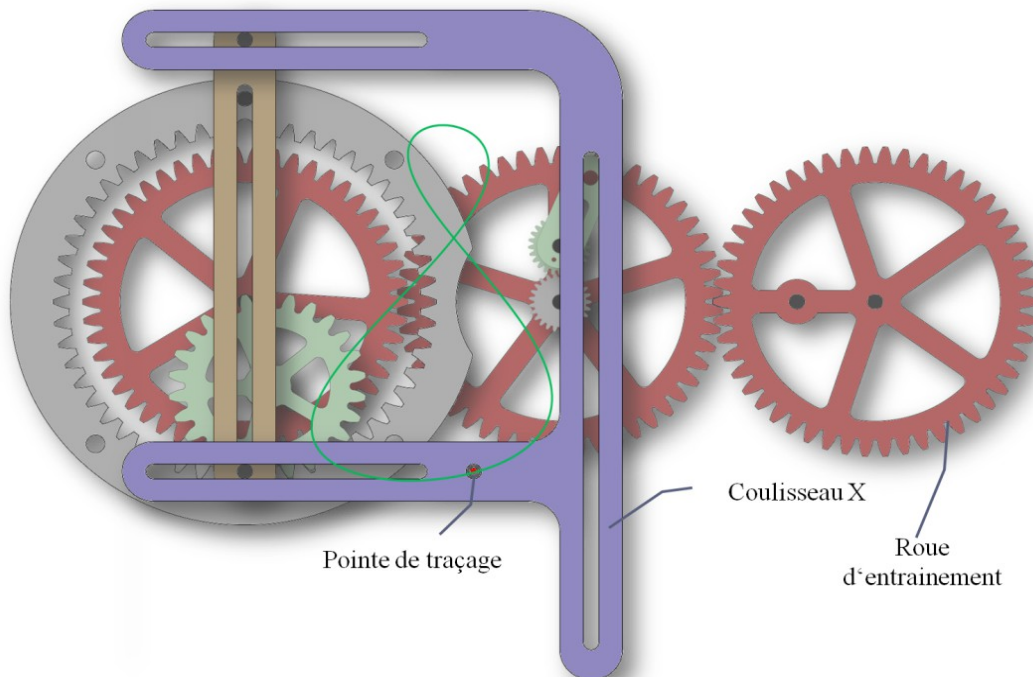
Le système d'engrenages de la déclinaison est donc de la forme suivante ►



L'octographe :

Pour terminer la conception de l'octographe, il reste à réaliser la liaison entre les deux systèmes d'engrenages capable d'éliminer les composantes de mouvement inutiles. Ceci peut se faire à l'aide du coulisseau X.

On complète le mécanisme en rajoutant une roue d'entraînement et une pointe de traçage.



4. Conclusion

L'octographe renoue le lien entre la mécanique céleste et la mécanique horlogère. La simplicité de son mécanisme et la précision de son tracé lui permettent de trouver sa place dans une horloge indiquant l'heure locale et le décalage par rapport à l'heure solaire. Puisse-t-il un jour inspirer un audacieux horloger ! En attendant, une vidéo montre l'octographe en action sur ma page : <http://francis.ziegeltrum.perso.sfr.fr>.

Sources d'inspiration

° La marche du Soleil- Un affichage naturel de l'équation du temps-Ilan Vardi. Bulletin Suisse de Chronométrie n° 62 Décembre 2009 : http://www.ssc.ch/d2wfiles/document/2028/5076/0/Marche%20soleil_vardi.pdf

° Harmonograph circular design par Robert J. Whitaker : <http://lmba.math.univ-brest.fr/perso/yves.coudene/harmonograph.pdf>

° Mechanisms for the generation of plane curves par I.I.Artobolevskii : <http://www.iri.upc.edu/people/thomas/deposit/Artobolevskii.pdf>

° Straight Line and its construction : http://mathforum.org/mathimages/index.php/Straight_Line_and_its_construction

° Formules de calcul de la déclinaison et l'équation du temps : http://perso.limsi.fr/Individu/bourdin/master/Calculs_astronomiques_simples.pdf





INFORMATIONS DIVERSES



° Dernières réalisations ou découvertes

- de Didier Benoît : cadran de Catusse

Un cadran solaire fortement déclinant Nord/Ouest pour l'entrée du lieu dit « Catusse » à Carmaux.

° Techniques et dessin : Cadran solaire réalisé sur support fait d'un enduit de chaux et ciment blanc. Peinture minérale de technique B du fabricant allemand « KEIM ». La facture du style polaire est en inox massif, de même que celle du style droit représentée par l'axe de la croix occitane obtenue par découpage mécanique. La facture du papillon situé hors de la table du cadran solaire est aussi en inox massif et obtenu par découpage mécanique.

° Historique : L'Euphorbe Catapuce ou Euphorbe Epurge Catusse ou catusse, ou catapuce, ou catucette, ou etc... en occitan catuça ; catussa = catapuça est le nom d'une plante appelée populairement cagarine (en occitan cagarina). Plus connu de nos jours sous le nom d'Epurge.

L'origine grecque de l'Euphorbia vient du nom du médecin Euphorbus qui se servait de cette plante pour soigner les morsures et contrer les empoisonnements.

En botanique son nom scientifique est EUPHORBIA LATHYRIS. Bien connue de la pharmacopée médiévale, c'est un laxatif très violent et un vomitif fort en usage durant tout le Moyen Age où les empoisonnements sont monnaies courantes. Ses fonctions purificatoires et protectrices sont ainsi devenues les attributs importants de l'épuration. Il était d'usage autrefois d'employer cette plante dans les maisons après la naissance d'un enfant, afin d'en chasser les mauvais esprits. Purifier les lieux c'était s'assurer que le malin ne s'en prendrait pas à la nouvelle âme avant que celle-ci ne reçoive les sacrements du baptême.

L'origine du nom « Catusse » ici, trouve ses origines dans la présence de cette plante, mais aussi et surtout au léger vent qui brasse l'air quasi continuellement et libère cette sensation de pureté ressentie par les habitants du lieu.

° Le tracé mathématique : Trois arcs d'hyperboles situent des dates exceptionnelles. Les parties de l'hyperbole du 4 janvier éclairées par le soleil se trouvent toutes en dehors de la table du cadran solaire. Le papillon occupe le point de cette hyperbole pour 16 heures.



° La devise : (avec la complicité de mon ami Jacques Castagné) SUS CATUSSA FLOTEJA UN VENTOLET PURIFICADOR. Prononcez : Sus Catusso floutetso un (avec deux points sur le u) Ventoulét purificadou. Sens : Au dessus de Catusse flotte un zéphyr purificateur

° Le dessin : L'Euphorbe-Epurga tirée d'une planche botanique. Euphorbus, médecin Grec préparant un médicament fait à partir de la plante à qui on donnera son nom. La colonne symbolise l'origine grecque de l'inventeur de cette variété de plante.

- de Didier Benoit : cadran du musée départemental du Cayla

Il s'agit de la restitution du cadran solaire (oriental) de la métairie du domaine du Cayla à Andillac (Tarn).

° Petit historique : Ce cadran solaire, comme les deux autres, date de la fin du XVIIIe siècle. Le Baron Edmond de Rivières nous donne la date de sa création «1772» dans son livre "Inscriptions et devises horaires", ainsi que sa devise.

° Facture : La table du cadran a été dressée dans un premier temps à l'aide d'un enduit de chaux et sable grossier de rivière, «l'arricio». Son épaisseur varie de 3 à 6 centimètres selon la profondeur des joints de pierres qu'elle recouvre. Sur l'enduit encore frais le cadranier a gravé à l'aide d'une pointe, le tracé mathématique de son cadran solaire et quelques repères de décorations. Cette particularité que l'on retrouve sur nombres de cadrans solaires de notre région a permis, de conserver intact malgré la forte usure du temps les tracés gnomoniques de nos vieux indicateurs horaires, mais aussi pour beaucoup d'entre eux l'existence d'éléments de décorations. Une fois la couche de fond prise, le cadranier a déposé une fine couche d'enduit



de chaux et de sable très fins, voire de la poudre de pierre, «l'intonaco».

Etant très fine, cette préparation une fois étalée sur toute la surface de la table du cadran, laisse voir par transparence le tracé gravé sous-jacent. Avant que la prise de « l'intonaco » ne soit totale, l'artiste a déposé à l'aide d'une fine brosse, des pigments dilués dans un lait de chaux en recouvrement de chaque tracé.

° Inspection : La table du cadran solaire après sondage est très cohérente : aucune zone ne sonne creux. Des impacts légers dus à des chocs marquent la table. L'enduit de fond (intonaco) est très effacé, presque inexistant. Aucune colonisation de micro organismes n'est visible. L'enduit primaire laisse apparaître le tracé mathématique du cadran solaire. Le style en fer forgé est absent. De légères traces de pigmentation renseignent sur les couleurs mises en œuvre lors de la dernière restauration. Les dimensions de la table sont 127 cm de haut pour 104 cm de large.

° Investigation : Le premier juin 2011, un relevé grandeur nature a été fait sur papier « cristal ». Une recherche pigmentaire s'en est suivie et a permis de découvrir l'emplacement du millésime et de la devise, celui du liseré périphérique mais surtout à mis à jour l'existence d'un chiffrage romain et sa position. Un motif solaire (ou étoile ?) de décoration a été

découvert sur le haut droit de la table. Une intervention avec un appareil à lecture pigmentaire IRUV (infra rouge, ultra violet) faite en mai 2013 n'a apporté aucune découverte particulière.

° Reconstitution du cadran solaire sur papier d'après le relevé et découvertes : Les traces relevées sur site ont permis de comprendre le principe de construction mathématique de ce cadran solaire. Comparé à une étude moderne, tout concorde à la virgule près selon l'expression. Le tracé est celui d'un cadran solaire oriental fait pour une déclinaison de mur de -90° . Un seul petit défaut a été découvert au niveau du report de l'angle de latitude.

° La latitude : L'angle d'inclinaison de la droite équatoriale sur la ligne d'horizon doit pour un cadran oriental correspondre à la latitude du lieu. Ici la valeur de latitude prise est de 42° , pour 43.997° réels. Erreur facilement compréhensible pour l'époque et qui n'apporte pas beaucoup de désagréments pour la lecture des heures au Cayla en 1772. Lors de la restitution du cadran solaire en 2013, la valeur de 42° a été conservée.

° Reconstitution du cadran solaire oriental du Cayla Juillet 2013 sur papier fibre de verre : Les chiffres romains ont été positionnés à partir du chiffre dévoilé lors de l'investigation. La pigne de pin de décoration est ici pour cette maquette un exemple pris sur un cadran de Cestayrols et faisant partie de l'appareil existant local. Pour le Cayla deux soleils occuperont le haut de la table.

° Déclinaison gnomoniques du mur sud/est de la métairie du domaine du Cayla : Après relevé d'angle sur site et calcul, la déclinaison réelle du mur par rapport au Sud compté 0° est de -63.11° , soit une erreur de calcul pour le tracé mathématique du cadran sud/ouest de la métairie de 26.89° .

Cette erreur d'appréciation, ou de mesure par notre cadranier du XVIIIe siècle va entraîner une modification sur la forme du style porte ombre. Un style polaire construit pour un cadran oriental (déclinaison -90°) ne peut pas chevaucher les droites horaires calculées pour une déclinaison de -63.11° .

Pour remédier à ce problème, le style polaire ne sera pas représenté sur le cadran restitué. Seul le style droit avec une protubérance à son extrémité sera mis en place. Sa simplicité de lecture permettra de cacher en grande partie l'erreur de construction des heures de cet indicateur du temps. Pour les lignes qui leur sont parallèles cela sera plus compliqué. En raison de l'erreur de déclinaison qui est importante (26.89°), le style droit ne pourra pas atteindre de son ombre la ligne la plus haute.

A l'opposé son ombre ira au-delà de la limite de la ligne la plus basse. Quant à la ligne équatoriale centrale elle ne sera jamais chevauchée par l'ombre du style le jour des équinoxes de printemps et d'automne.

° Le cadran restitué avant vieillissement : Sur le cadran solaire sud/est du domaine du Cayla, deux droites parallèles à la droite équatoriale matérialisent ce qu'on pourrait prendre dans un premier temps pour des points extrêmes de déclinaisons du soleil au moment des solstices. Il n'en est rien.

En projection gnomonique, les cercles perpendiculaires à l'axe de rotation de la terre (les parallèles géographiques), excepté le cercle équatorial se projettent sur la table d'un cadran solaire, qu'il soit vertical, incliné ou horizontal en formant des hyperboles.

Ces deux droites sont donc une aberration gnomonique et ne trouvent aucune explication mathématique dans leur construction. Ici le cadranier s'est joué des lois de la gnomonique, et l'improvisation artistique est à l'origine de son tracé.

Ce qui interpelle dans la construction de ces deux droites est qu'elles sont situées à une distance depuis la droite équatoriale qui correspond à la déclinaison du soleil de $+17^\circ$ et -17° pour la ligne horaire de 11 heures (h-15), ligne horaire extrême de ce cadran solaire. Au-delà, la projection de l'ombre du style se rejette à l'infini. En amont, aucune autre ligne

horaire ne peut être prise pour la construction mathématique de ces deux droites.

La similitude des chiffres n'entraîne pas une distance identique de ces deux points de droites sur l'équatoriale. Pour la déclinaison de +17° elle est de 202 mm et pour celle de -17° elle est de 239 mm. Distance que le cadranier du XVIIIe siècle ou plus vraisemblablement celui qui va intervenir en restauration*, quelques décennies plus tard, va respecter lors de son tracé. Ceci explique pourquoi il n'y a pas de symétrie entre la partie au dessus de l'équatoriale et celle situé en dessous.

* Il se peut aussi que les vestiges de ce cadran soit ceux d'une restauration plus tardive.

° Lorsque le hasard et l'histoire s'en mêlent :

Maurice : déclinaison du soleil le 04 août jour de sa naissance +17°*

Distance du point extrême de l'hyperbole depuis l'équatoriale pour ce jour portée sur le cadran solaire du Cayla avant restitution: 203mm

Eugénie : déclinaison du soleil le 29 janvier jour de sa naissance -17°

Distance du point extrême de l'hyperbole depuis l'équatoriale pour ce jour portée sur le cadran solaire du Cayla avant restitution: 238mm

*Augmenter ou diminuer de 0.5 degrés les valeurs de la déclinaison du soleil entraîne une réduction ou augmentation significative des distances qui nous éloignent des dates concernées.

° Pour conclure : Lorsque le baron Edmond de Rivières se rend au Cayla vers 1880, il relève la devise horaire et le millésime du cadran solaire sud/est. Il ne relève rien sur les deux autres, leur état de ruine étant trop avancé. De par son exposition, le cadran du levant de la métairie et celui qui est le moins agressé des trois par les conditions climatiques, mais aussi et surtout par les eaux météorites venant des toits. Sa durée de vie en est largement augmentée.

Autrefois les cadrans solaires et principalement leur tracé étaient entretenus. C'est ce qui explique aujourd'hui la richesse du patrimoine gnomonique de notre pays. On peut, avec certitude avancer que l'ensemble gnomonique du Cayla a été dans les premières décennies du XIXe siècle restauré. Il reste cependant à expliquer comment la restauration d'un cadran solaire dont la table est en place depuis un demi-siècle, s'est retrouvée gravée dans sa masse d'un tracé dont la seule construction mathématique compréhensible trouve ses origines dans deux dates exceptionnelles concernant les enfants des propriétaires des lieux. Là se trouve l'énigme du Cayla que l'histoire aura beaucoup de mal à résoudre.

- de Virginie Moruzzi Six & Emmanuel Six : Cadran à Fréjus

Voici un cadran solaire que nous venons de réaliser à Fréjus. Les principales caractéristiques sont :

° Cadran vertical, indique l'heure solaire, un arc diurne (le 10 mai), courbe de l'équation du temps sur la ligne de midi. Dimensions : 100 x 60 x 2 cm.

° Latitude : $\phi = 43^{\circ} 27' 05''$ Nord, Longitude : $\lambda = 6^{\circ} 45' 32''$ Est ; orientation de la façade : 196.1°

° Adresse : Les Florentines , 259 Allée de la Toscane 83600 FREJUS.

° Devise : LOU TEMS PASSO PASSAN LOU BEN en Provençal :

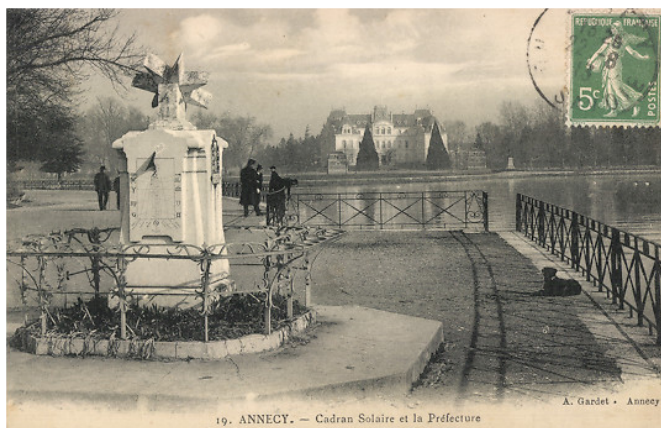


(le temps passe, passons le bien)

- de Reinhold Kriegler :

Une carte postale du monument solaire "L'Unique" du frère Arsène à Annecy avec la préfecture en fond.

Elle a été achetée chez un marchand à Berlin.



- de Michel Paltrier : Recherches au musée de Brive

«Je souhaitai photographier au Musée de Brive-la-Gaillarde, le cadran solaire inventorié 1903101 dans l'inventaire de la SAF (voir fiche page suivante). Hélas, je ne l'ai pas trouvé.

Madame Laudine Michelin, régisseur des collections des musées de la Ville de Brive a bien voulu entreprendre des recherches. Voici le courriel et les photographies qu'elle m'a gentiment adressées».

Tout d'abord, veuillez nous excuser pour le temps mis à répondre à votre mail (). En effet, de nombreuses recherches ont été nécessaires pour trouver l'objet que vous cherchiez.

Vous trouverez donc ci-joint, pour commencer, les photographies du cadran en plomb (fixé sur un bloc en grès) et sa matrice (en calcaire?).

Si vous souhaitez les utiliser, merci de bien vouloir indiquer les informations suivantes : "collection et photographie Musée Lebenche/Ville de Brive".



Collection et photographies Musée Lebenche/Ville de Brive

Voici, par ailleurs, les informations dont nous disposons pour chaque pièce :

- le cadran mesure 18 cm H x 17 l x 8.2 Ep (support en grès compris) et 12.7 h x 13 l x 0.7 Ep (pour le cadran seul). Sa première attestation dans nos collections remonte à 1926, date de la réalisation du 1er inventaire des salles du musée Rupin. L'objet était, alors, présenté en salle lapidaire ;

- la matrice mesure 18 cm H x 17 l x 7 Ep (hors tout). Cet objet a été acquis le 19 janvier 1890 par notre premier conservateur, Ernest Rupin, mais nous ne savons pas auprès de qui.

Nous ne savons pas, par ailleurs, d'où provient exactement cet objet, qui porte toutefois l'inscription "Brive".

Nous serions, sinon, très intéressés par le fait de contacter la commission des cadrans solaires dont vous nous parlez dans votre mail. Auriez-vous un contact à nous indiquer ?

En vous remerciant par avance et vous présentant une nouvelle fois toutes nos excuses pour le temps mis à vous répondre,

Cordialement

Laudine MICHELIN

Régisseur des collections des musées de la Ville de Brive

Musée Labenche 26 bis bd Jules Ferry, 19100 BRIVE Tél : 05.55.18.17.70

Mail : laudine.michelin@brive.fr

Détails et fiche inventaire SAF :



Collection et photographies
Musée Lebenche/Ville de Brive

19-BRIVE-LA-GAILLARDE ②
190310.1

Au musée Ernest Rupin.
Présenté verticalement :

Cadran horizontal en plomb, de forme presque carrée : 12,5x12,5cm. Tracé, inscriptions, ornements en relief.

Pas de style. On ne voit aucune trace de fixation d'un style solaire ou droit.

Lignes horaires partant d'un croissant; les limites à la couronne contiennent les chiffres IIII-XII-VIII, séparés par les points des deniers.

Dans la partie Sud de la couronne : I PALETAN
et dans le secteur nocturne : BRIVE

Non daté.
Fleurs stylisées dans les angles.
Présenté avec le moule ayant servi à le couler.

Bibliographie
- B. BONNERY, in Bull. Soc. Hist. et Arch. de la Corrèze, CV (1983), p. 32-33.

Contributions
B. BONNERY = 6-9-1983 [φ 9x14.]

- de Charles Labaudy : Un analemmatique

Monsieur Ch. Labaudy a réalisé bénévolement pour la ville de Saint Paul 61100, un cadran analemmatique.

Ce cadran est installé devant la mairie (48° 44' 35" N; 0° 37' 58" O). « Il est conçu de façon à faciliter la tonte de la pelouse et ne pas utiliser de pesticide.

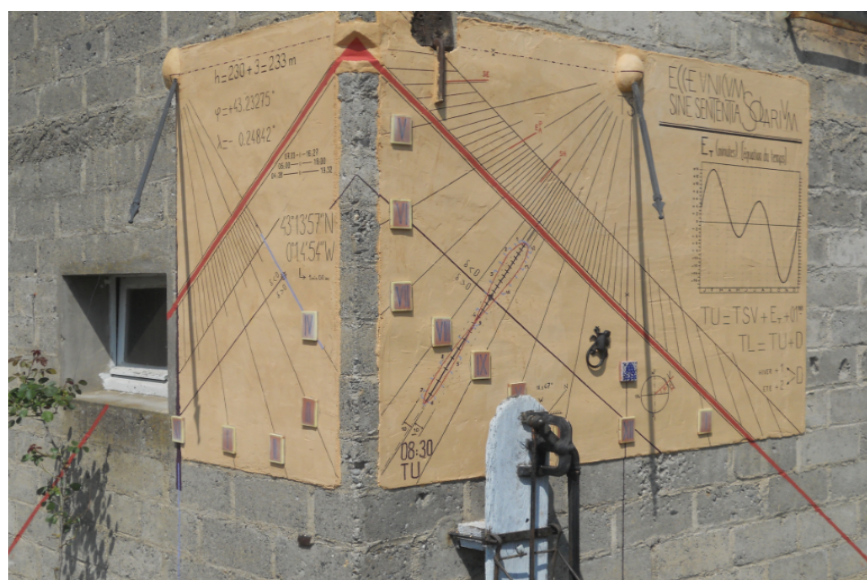
J'ai utiliser des pierres de granit de récupération, dont j'ai graver les chiffres. Cela n'a rien coûté au budget de la commune».



"Vue Google" de la mairie

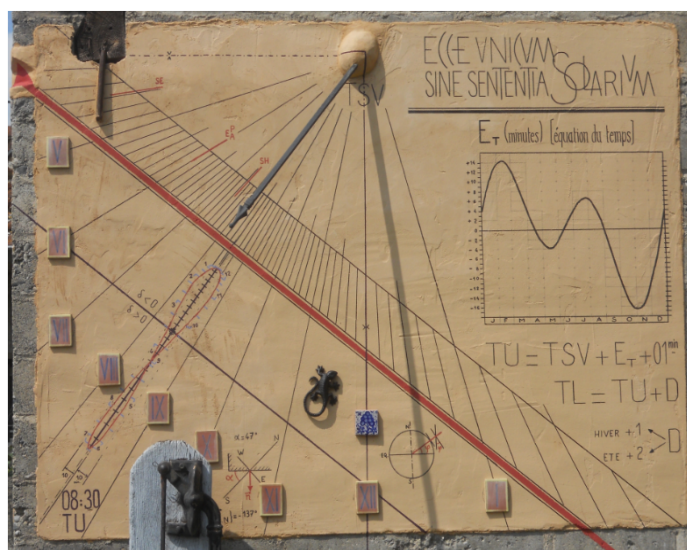
- de Michel Capderou : Cadran double

« J'ai réalisé un cadran solaire sur le mur de la grange attenante à mon domicile d'été à Angaïs, près de Pau, dans les Pyrénées-Atlantiques.



Ce cadran est double, déclinant Est et Ouest (un cadran pour le matin, un pour l'après-midi). La précision est de la minute, après utilisation de l'équation du temps.

Mon cadran a un aspect pédagogique. Le grand trait rouge représente l'intersection du plan parallèle à l'équateur passant par l'encoche rouge avec la grange ».



- de Eric Mercier : Un cadran déclinant

«Le projet de réaliser un cadran pour mon domicile à Nantes (44300), au 3 rue d'Iroise, date de plus de 10 ans. A cette époque j'avais réalisé un logiciel pour dessiner des cadrans solaires verticaux déclinants en heures légales. Mais, à l'époque, après des essais sur des maquettes en carton, je me suis rendu compte que je ne disposais pas de mur ayant à la fois la place suffisante pour accueillir le cadran et un bon éclairage solaire. Le projet a donc été différé. Ce n'est que récemment, à l'occasion de la construction d'une extension, qu'un «bon» mur, orienté vers l'Est, s'est trouvé disponible. J'ai donc «réactivé» mon logiciel en l'adaptant au système OSX.

Installé sur un pavillon moderne, dans un quartier moderne, je tenais à ce que le cadran soit «moderne». C'est ce qui a motivé le choix (1) des heures légales pour les lignes horaires, (2) des passages de mois pour les arcs diurnes, (3) du graphisme inspiré des BD et (4) de la devise qui échappe aux allusions sur le Jugement Dernier ou sur la Mort (mais aussi ... qui est propre à maintenir la paix avec mes charmants voisins...).

Par ailleurs, pour la réalisation, une autre contrainte est apparue ; il s'agit de l'utilisation des couleurs qui facilitent la lecture puisque le cadran correspond en réalité à la superposition de deux cadrans :

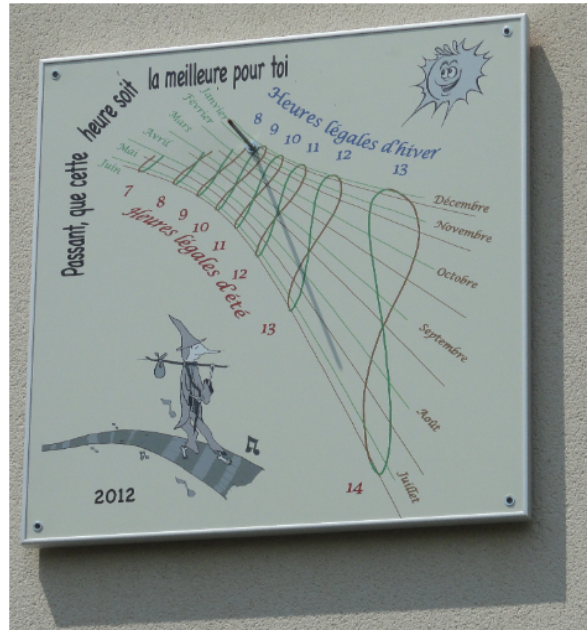
- ° un en vert : du solstice d'hiver au solstice d'été, centré sur l'équinoxe de printemps,
- ° un en marron : du solstice d'été au solstice d'hiver, centré sur l'équinoxe d'automne.

Voir les explications sur la page Web dédiée à ce cadran (et à quelques variantes qui resteront virtuelles) : http://studios-nantes.pagesperso-orange.fr/Le_cadran_solaire.html

Les contraintes précédentes (graphisme moderne, couleurs..) m'ont poussé à choisir un procédé «moderne» de réalisation : l'impression sur plaque d'aluminium. L'imprimeur se chargeant de transférer en grand sur la plaque, un fichier ".jpg" élaboré grâce à un logiciel de dessin (et donc plus petit).

Cette étape a donné lieu à un échange de courriers littéralement «surréalistes» avec le service technique de l'imprimeur. En effet, j'ai tenu à m'assurer que l'agrandissement se faisait sans distorsion (voir [http://fr.wikipedia.org/wiki/Distorsion_\(optique\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Distorsion_(optique))) ; ce qui aurait été fatal à la précision du cadran. Or, il semble bien que mon correspondant (du service technique donc) n'avait jamais entendu parler de cette notion... question de génération sans doute ; cela ne s'enseigne plus dans les écoles de graphisme/imprimerie ?!!!. Après plusieurs échanges (et explications), il est apparu que l'impression se faisait par imprimante à jet d'encre et qu'effectivement, aucune altération géométrique du tracé n'était à craindre.

Depuis son installation en août 2012, les promeneurs s'arrêtent régulièrement devant chez moi pour regarder le cadran. Cela se passant devant la fenêtre de mon bureau, je sors fréquemment pour engager la conversation. Il apparaît que plus de la moitié des personnes (sur quelques dizaines) n'ont pas identifié spontanément un cadran solaire !. Par ailleurs quand mes interlocuteurs comprennent qu'il ne s'agit pas d'un cadran du commerce, mais qu'il a été calculé pour le mur qui l'accueille, cela clôt généralement la conversation ...il

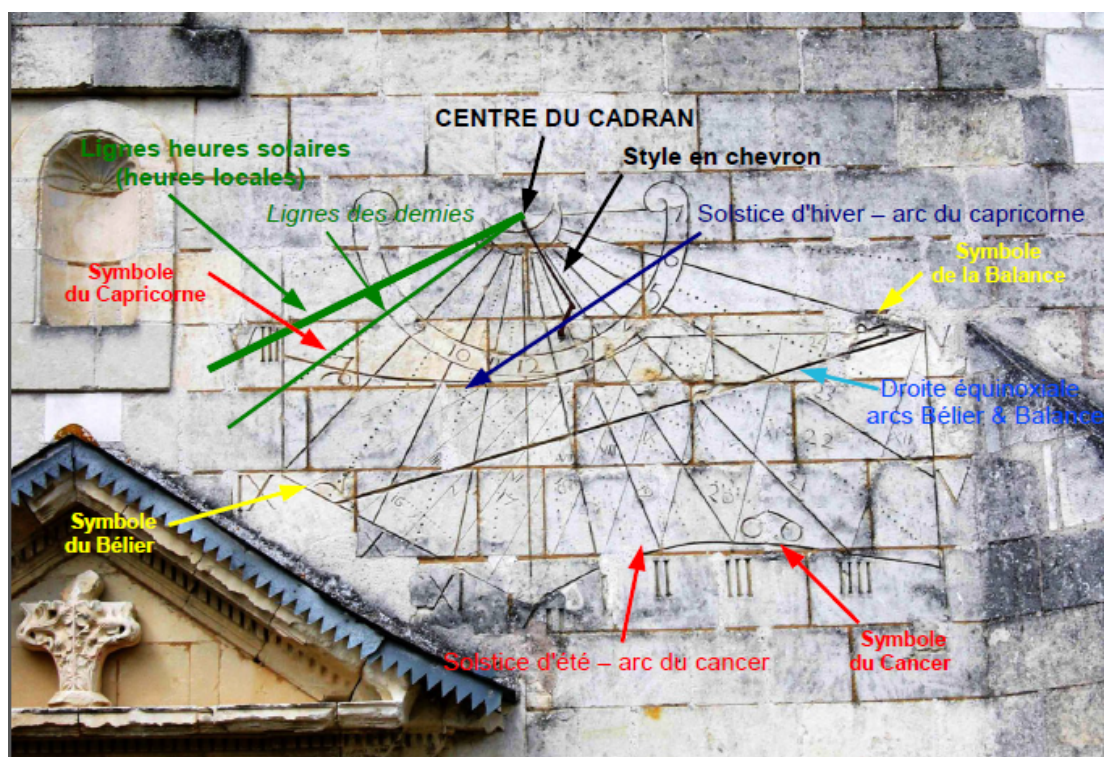


semblerait que peu de gens n'ait envie de discuter trop longtemps avec quelqu'un qui calcule des cadrans solaires ... (crainte de la contagion peut-être ?). Bref, je n'ai pu discuter de l'équation du temps qu'avec une seule personne depuis l'installation du cadran. J'avais le projet d'installer une variante du cadran plus complète avec notamment les heures solaires, italiques et babylonique (voir la page web indiquée plus haut) ; j'ai abandonné cette idée, convaincu qu'il est inutile d'afficher trop... d'ésotérisme / hermétisme.

Pour finir, signalons qu'il semblerait que ce procédé de fabrication soit bien adapté. En tout cas, après un hiver, aucune altération suspecte de la couche picturale n'est apparue (à confirmer dans le temps)».

- de Michel Lalos : Le cadran de Pouançay

Sur l'église de Pouançay (86), un cadran solaire déclinant d'environ 13° est gravé sur la pierre, à droite au-dessus de la porte du pignon sud. Il porte, dans l'inventaire le n° 8619601-1. Michel Lalos en a fait l'étude.



⇒ Dans la version numérique, vous trouverez en annexe, :

° le diaporama pouancay_ml_13_08_25.pdf

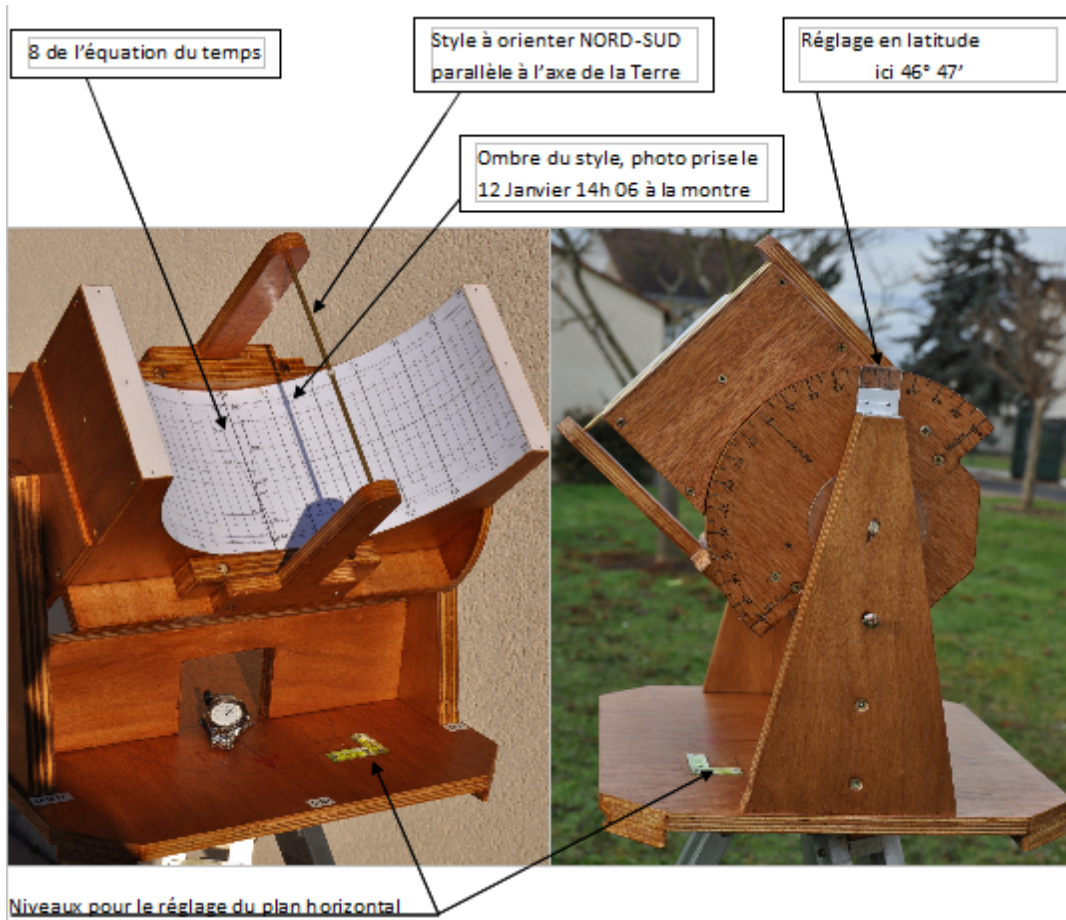
- Constructions de Michel Brialix

° Voici un cadran solaire universel, équatorial en ½ cylindre avec huit de l'équation du temps au méridien.

« Ce type de cadran par sa configuration permet de lire l'heure au soleil en n'importe quel point de la Terre. Il doit être parfaitement orienté Nord – Sud géographique, et rigoureusement parallèle à l'axe de rotation de la Terre, afin que son inclinaison corresponde à la latitude du lieu d'observation

Après cette mise en station, vous pouvez lire l'heure du « soleil vrai local » avec une précision de + ou- 3 minutes.

Ce cadran permet aussi de comprendre le mouvement apparent du soleil dans l'hémisphère Sud par rapport à celui de l'hémisphère Nord. Couplé avec un planétaire Terre-Lune-Soleil (ci-dessous), il permet de mieux appréhender les mouvements apparents des astres pour les enfants en âge scolaire.



° Un Planétaire Terre-Lune-Soleil. Il permet d'expliquer les phénomènes suivant : le jour et la nuit ; le cycle des saisons et les phases de la lune ; comprendre les éclipses de Soleil et de Lune mais également celui des marées. Pour les amoureux du ciel, situer le soleil dans les constellations du Zodiaque un jour donné de l'année et prévoir les constellations observable la nuit qui suit. Estimer l'heure sidérale nécessaire au suivi des étoiles.




- Un cadran à Saint-Viaud



Notre collègue Paul Bohu nous présente ce cadran hémisphérique en acier, de 4m.



Situé au pré de la Pivre, sous l'église de Saint-Viaud (44), l'inauguration a eut lieu le 5 octobre 2013. Les artistes, créateurs Marie-Hélène Richard et Stephan Bohu en ont fait la présentation.

⇒  Dans la version numérique, vous trouverez en annexe, le dossier "St Viaud" :

° la vidéo montrant la réalisation du cadran : "cadran video1envoi.mp4"

° le livret de présentation : "mallette pedag cadran.pdf".

° projet Cadran solaire : "Paul Bohu Doc S1"

- Cadran "C. déposé R."

Ce petit cadran de 100 mm de diamètre, muni d'une boussole a été acheté chez un antiquaire. Les indications sont imprimées sur carton bordé par du métal identique à celui du style rabattable. Le couvercle, avec notice d'utilisation, est également en carton.



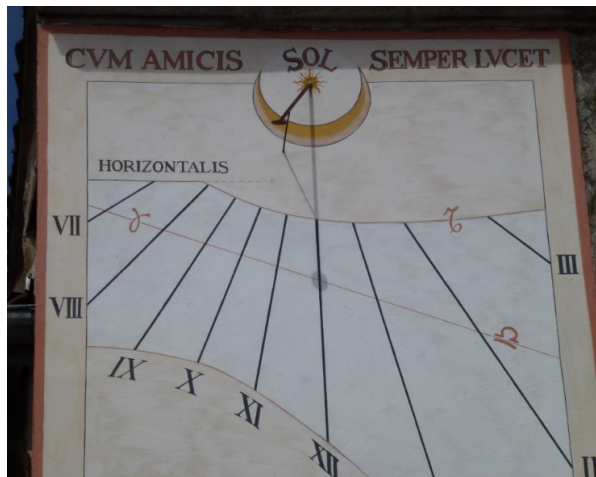
- Un cadran à Saint-Clair

Il ne restait plus de trace du cadran d'origine. Y. Guyot a été contacté par la commune de Saint-Claire (Ardèche) pour réaliser un nouveau cadran sur l'église. Ce qui a été fait début mars. La date d'inauguration n'est pas encore fixée à ce jour. Déjà comme l'écrit l'adjoint au maire M. Mr Speissmann : «Le cadran a toujours autant de succès, c'est devenu un lieu de rendez vous».



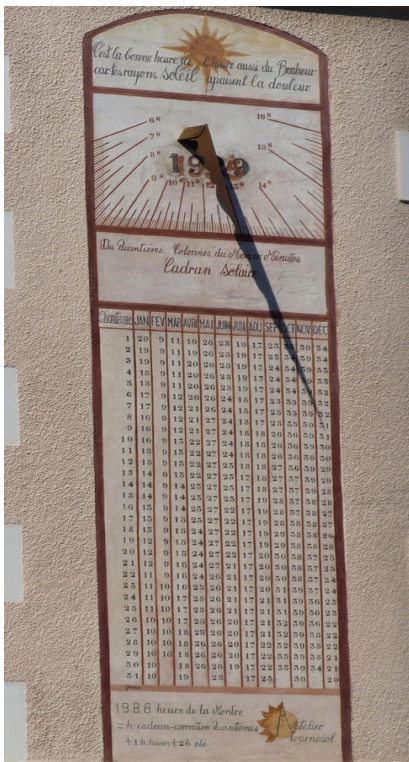
Contrôlé toutes les heures le jour de l'équinoxe, la tache lumineuse indiquait l'heure avec une précision inférieure à la minute. En outre, elle a parfaitement suivi la droite équinoxiale.

Ci contre, il est 12h49 à la montre correspondant bien au midi solaire du village. A 15h25, le soleil a quitté le cadran.



- Destruction d'un cadran

L'atelier Tournesol nous informe de la destruction du cadran solaire de l'Hôpital militaire de la Tronche.(Isère).



« En 2014: la destruction de ce patrimoine gnomonique est programmée par la vente du CRESSA, ancien hôpital militaire, racheté par des promoteurs.

Ce cadran de 1925 a été calculé par l'astronome renommé Maurice Prim, (astronome de l'Observatoire de Nice) et repeint en 1929. Situé sur le pavillon de droite du portail d'entrée de l'hôpital militaire, visible depuis le 24 avenue du Grésivaudan, 38700 la Tronche, ce cadran est unique en France, à notre connaissance

La peinture murale de 4m de haut, représente une table de correction des 365 jours pour l'écart journalier entre l'heure solaire locale et celle officielle décidée par Paris (depuis 1891)

Sa devise est: "C'est la bonne heure ici, l'heure aussi du Bonheur car tes rayons soleil apaisent la Douleur"».



° Informations diverses

- A propos des hélio-chronomètres de l'abbé Guyoux par Jean Rieu

Philippe Sauvageot a rencontré, à l'abbaye de la Trappe de Moulins-La-Marche (61300), le Père Abbé Arsène Christol amateur de gnomonique. Il possède un carnet contenant des cartes postales de cadrans solaires (principalement de Ricoux) et des photos. Parmi celles-ci :

- ° le cadran de l'abbé Guyoux de Notre-Dame des Dombes (datée de août 2001).
- ° un cadran vertical daté 1135-1985 dans la cour d'honneur du monastère de Pleterje en Sloveenie où se rendait régulièrement le Père Abbé (tirage non daté, photo 1).
- ° un hélio-chronomètre dans ce même monastère (trois tirages non datés mais sur lesquels figurent les mentions : "Chartreuse de Pleterje du même constructeur/artisan que celui de Notre-Dame des Dombes" (photo 2).



Photo 1 : Chartreuse de Pleterje, cadran vertical au-dessus d'une porte dans la cour d'honneur



Photo 2 : Chartreuse de Pleterje hélio-chronomètre

Jean Rieu mène l'enquête concernant les hélio-chronomètres (état des recherches et travaux à juillet 2013).

- Cadran de Notre-Dame des Dombes :

J'ai vu ce cadran pour la première fois en septembre 2010. La tige qui relie les deux plaques de l'alidade était cassée et le cadran se trouvait à sa place d'origine, c'est-à-dire à l'arrière de l'abbaye du côté de la ferme et des champs. Les arbres entre l'abbaye et le cadran avaient grandi depuis et le cadran n'était ensoleillé que très peu de temps dans la journée, l'été.

J'ai convaincu celui qui avait la charge de ce secteur, de le faire réparer et déplacer.

C'est chose faite depuis deux mois.



Le socle, une très belle pierre, a été déplacé sur le devant de l'abbaye (un peu sur le côté pour éviter une trop grande fréquentation) et j'ai passé le temps qu'il fallait pour tracer la

direction du méridien.

Je ne suis pas encore allé le contrôler, mais la personne qui devait faire le travail avait bien compris ce qu'il fallait faire.

Ils ont même dû faire le petit accessoire que je leur ai conseillé pour lire directement l'heure de Greenwich et celle de France (hiver).

Au niveau historique, ce cadran est daté de 1863 et porte seulement la lettre G. En 1863, l'abbé Guyoux était toujours curé de Montmerle où il est décédé en 1869.

Je pense qu'il a été commandé par l'architecte



qui a construit l'abbaye cette année là. L'abbaye a fêté cette année son 150^{ème} anniversaire.

L'abbaye est maintenant occupée par la communauté du Chemin Neuf qui a succédé aux Cisterciens en 2001. Les archives ont été transférées à Cîteaux. Mon correspondant, à Cîteaux le père Etienne Goutagny, est assez âgé et ne peut plus rechercher dans les archives des traces de la commande du cadran. J'espère un jour y accéder.



Par rapport aux autres cadrans de l'abbé

Guyoux, celui-ci a une facture particulière puisque la couronne graduée, au lieu d'être reliée simplement aux volutes de fer forgé par un croisillon en laiton (?) est supportée par une sorte de grande croix de Malte. En fait, il ne s'agit pas d'une croix de Malte qui aurait 4 branches, alors qu'il y en a 5 ici, comme pour la croix de la Légion d'Honneur (créée en 1804). J'ignore s'il y a un rapport avec cette distinction ou si l'on a voulu faire une allusion au côté magique du pentacle.

Le petit accessoire qui devait être, en fait, une deuxième aiguille fixée à l'alidade et décalée de l'angle correspondant à la longitude du lieu n'a pas été réalisé.

Ce cadran est de grand diamètre (580 mm), comme ceux de :

° la Chaize ; gravé "Cadran à équation Guyoux 1831". ▼ ►



Ce cadran est en bon état mais ne donnera l'heure que lorsque Madame la Marquise voudra bien le faire déplacer.

Il est posé actuellement sur un mur, face aux jardins, mais mal orienté, à plus de 15° de la méridienne.

° Lachal ; gravé "Cadran à équation Guyoux 1833". ▼



Ce cadran a un peu le même problème que le précédent, de plus sa lentille est à changer. J'ai une lentille neuve gratuite, mais la décision de faire les travaux est en attente.

° Genève ; gravé "Cadran à équation par l'abbé Guyoux curé de Montmerle (Ain) . Il n'y a pas de date. ▼



° Pizay ;

Je viens de retrouver une photo du cadran du château de Pizay (1862 G) dont il ne reste que la base de la ferronnerie, puisqu'il a été volé il y a une dizaine d'années. Ce devait être un cadran de grande taille comme celui de ND des Dombes.

Les volutes ont une disposition inhabituelle par rapport à celles des autres cadrans de l'abbé.

Paul Gagnaire se souvient-il du fait que le cadran que lui avait présenté un certain Berthet était de grand diamètre et avait tout ou partie des volutes en fer forgé car sur la photo couleur ci-contre, on voit bien que le cadre de base et ses pieds scellés sont encore en place?



Photo Fauvette 2013

Réponse de monsieur P. Gagnaire :

«Le cadran qu'avait apporté chez moi mon visiteur, qui s'appelait Berthet ou Boeuf, n'avait plus de volutes ni de cadre. Il ne lui restait que la couronne horaire et 2 morceaux sur 3 de l'alidade, donc forcément la pièce tournante de liaison et une branche. Sans doute celle qui porte la lentille, sans certitude.

Mon visiteur tenait ces restes par le cercle, comme il aurait fait avec un cartable.

Avec le recul, je ne puis rien dire de la taille du diamètre. J'ai le vague souvenir que mon visiteur habitait à Lyon, rue Alphonse Fochier, mais une recherche récente sur l'annuaire n'a rien apporté.

Je n'ai rien d'autre».

"Qui fabriquait les cadrans de l'abbé Guyoux ? Nous pensions qu'ils étaient réalisés par un artisan local. Mais, la découverte récente de l'inventaire des biens de l'abbé Guyoux, à son décès en 1869, nous montre qu'il possédait dans son presbytère un véritable atelier avec un tour et bien d'autres outils. Notre abbé mettait donc bien la main à la pâte ! De plus, son exécuteur testamentaire, qui devait être un de ses amis, Jean-Claude Farfouillon, était marchand de fer. Ils devaient donc ensemble réaliser les fameux cadrans solaires.

À ce jour, nous en avons retrouvé une douzaine dont 5 ont été restaurés ou sont en cours de restauration. Et la nouvelle la plus intéressante est que nous avons permis à un cadran qui s'était exilé outre-Manche de revenir à Montmerle-sur-Saône, le village où il avait été fabriqué".



Photo issue de l'article de M.-L.-A. Odin, l'Expansion beaujolaise n°42 p.39-47

- Hélio-chronomètre de la Chartreuse de Pleterje

Tout d'abord une photo relevée sur internet (ci-dessous à droite)

puis la réponse apportée par le recteur de la chartreuse de Kartuzija Pleter à qui je me suis adressé. Celle-ci était accompagné par une photographie.

Monsieur,

Voilà les informations au sujet de notre cadran solaire à l'équation qui d'ailleurs est arrivé chez nous de la Chartreuse de Portes ou Sélignac.

Ces deux chartreuses avaient le même cadran. Un semblable doit être à l'ancienne Abbaye de Dombes. Le nôtre est sans date, mais peut-être les archivistes de la Grande Chartreuse pourraient vous donner encore d'autres renseignements.

Le cadran a trois couronnes. Sur la première



Hélio-chronomètre de Pleterje, photo internet.

sont gravées les heures et le texte suivant: "Cadran solaire à équation de l'Abbé Bertheaud, à Péronnas (Ach)". Sur la deuxième sont les villes du monde et sur la troisième les étoiles. Le diamètre est 30 cm.

Si vous le désirez, je peux vous envoyer cette photo (ci-contre) en meilleure qualité et quelques autres sur CD, parce-qu'ils sont trop lourds pour e-mail.

Avec mes meilleures salutations.

fr. Francisek M. Fodor, recteur

Il apparaît donc que ce cadran n'est pas de l'abbé Guyoux (1793-1869). Celui de Notre Dame des Dombes (1863) est sans doute le dernier qu'il a construit - ou fait construire - lors la construction de l'abbaye.

Cet hélio-chronomètre semble plus récent que les cadrans de l'abbé Guyoux et d'une technique de réalisation (pièces moulées, usinage élaboré) plus complexe. Il est même probablement plus récent que celui de la Commanderie des Templiers, près de Roanne.

Il utilise la modification apportée par Paul Fléchet (rue Choiseul, à Paris, 14) dans ses brevets 49141 et 49841 de 1861 avec la plaque courbe à rayon constant, égal à la distance focale de la lentille.



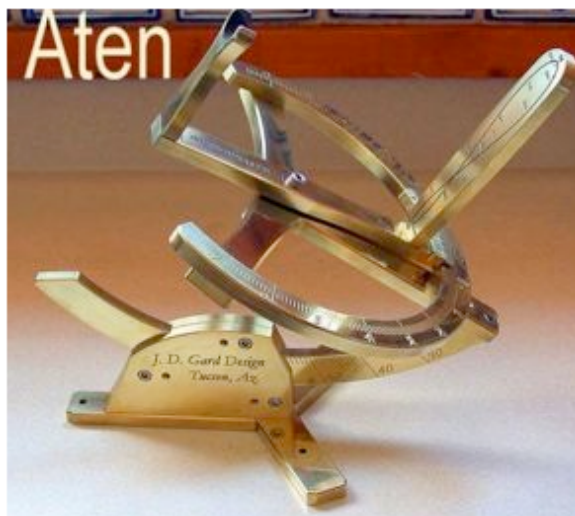
Héliochronomètre de Pleterje, photo fr Francisek

Pour information, Fléchet a omis de parler de l'abbé Guyoux qui avait fait l'essentiel de l'invention, mais n'avait pas déposé de brevet ! Ce manque de courtoisie de la part de Fléchet est longuement développé dans le livre de M. J. Mayette, de la mesure du temps et réglage des montres et horloges, Lyon 1890.

Ce cadran de la Chartreuse de Pleterje me fait penser également aux cadrans modernes américains de chez Aten (voir image page suivante).

Ce qui est dit par le frère Francisek M. Fodor sur l'abbé Bertheaud et les autres chartreuses est intéressant au plus haut point et je vais essayer d'en savoir plus.

Voici ces quelques éléments qui font partie de mon travail sur les cadrans de l'abbé Guyoux. J'espère avoir un peu répondu aux interrogations et je suis preneur de toute information sur des cadrans que je ne connaîtrais pas encore ou sur la vie de l'abbé Guyoux et ses relations avec ses "clients (?)". Dans ses écrits, il ne dit rien à ce sujet. Mais je ne suis pas encore venu à bout de la recherche de ses archives.



Informations complémentaires sur d'autres cadrans de l'abbé et sur lui-même

- Le cadran de Chamagnieu a été réinstallé et fonctionne parfaitement. Les travaux ont été réalisés par Marius Perrin, de l'association Iguerande. Le château est un centre aéré de la ville de Villeurbanne et je vais aller faire une formation auprès des moniteurs afin qu'ils puissent, à leur tour, initier les enfants.

- Le cadran du château d'Ailly a été restauré en même temps que celui de Chamagnieu et nous attendons que le socle soit réalisé pour le mettre en place. Ce château fonctionne comme un hôtel pour des réceptions et reçoit beaucoup de visiteurs.

- Le cadran de St-Julien en Beaujolais se trouve à l'arrière de l'école communale. Sa lentille est opacifiée et il a été déplacé sans grand souci d'orientation. Nous sommes en relation avec Monsieur Christian Guillaume qui s'occupe du patrimoine et du musée Claude Bernard (contemporain de l'abbé Guyoux) et avons bon espoir de faire restaurer et déplacer le cadran.

- Le cadran de Ronno sera visité et nous espérons convaincre son propriétaire de le faire restaurer.

- Il y a un cadran de l'abbé Guyoux de 1835 chez un brocanteur du Puy de Dôme ; ce dernier s'inspirant de ce que nous avons fait pour le cadran de Jonzieux a fait une belle restauration. Il a mis le cadran à la vente, mais en demande une somme "astronomique". Il a essayé de le vendre à d'autres antiquaires lors d'un salon en Avignon en septembre dernier, mais l'a ramené chez lui, invendu. Si un collectionneur a les moyens, je peux l'orienter vers le vendeur.

- Le cadran de l'Hermitage de Saint-Chamond pourrait être restauré si les frères maristes débloquent un petit budget. So socle s'est incliné au cours du temps et devrait être redressé et, sans doute, réorienté. Ce cadran n'a plus de lentille ; elle a été remplacée par une pièce de monnaie de 100 fr 1954 percée d'un petit trou biseauté de 1,5mm. L'image du soleil est tout à fait satisfaisante et il semble que la lentille oscillante de notre abbé Guyoux soit superflue (sauf sous un soleil pâle), sans parler du "perfectionnement" de Fléchet, avec sa plaque bombée sphérique pour conserver une distance lentille-courbe en 8 constante !

- Le cadran qui se trouvait chez mon ami anglais à Bodicote et qu'il a restauré en ne changeant aucune pièce, même érodée, vient d'être acquis, suite à mon intervention, par la municipalité de Montmerle sur Saône. Il doit être en ce moment entre les mains d'un transporteur. Voilà donc un cadran -le plus lointain peut-être- qui revient à son pays natal !

- Le cadran de Revonnas sera visité prochainement. De même ceux de Charentay, Saint-Lager et les Pierreux.

- J'ai récemment rencontré Gérard Labrosse qui nous a très chaleureusement accueillis et qui m'a parlé de sa restauration du cadran d'Ars sur Formans. Par ailleurs, j'ai trouvé trace du fait que l'abbé Guyoux et le curé d'Ars se connaissaient bien et que le curé d'Ars avait encouragé financièrement une mission à Montmerle sur Saône. Gérard Labrosse m'a signalé l'existence d'un cadran à Aubière (63170) que j'essaie de retrouver.

Enfin, et non le moindre, j'ai retrouvé les actes de naissance et de décès de l'abbé Guyoux ainsi que sa généalogie mais, surtout, ses testaments et l'inventaire de ses biens après son décès en 1869 (14 pages). On y trouve en particulier l'existence d'une bibliothèque de plusieurs centaines de livres -tous disparus- et dont certains avaient trait à l'astronomie.

Par ailleurs, son exécuteur testamentaire est un Jean Claude Farfouillon, marchand de fer à Montmerle sur Saône.



Eglise de Montmerle sur Saône d'après carte postale (image Google)

C'est peut-être lui qui l'aidait dans la réalisation de ses cadrans. Mais, dans l'inventaire, on trouve des cadrans en chantier et un véritable atelier avec un tour et une multitude d'outils. Notre abbé mettait donc la main à la pâte !

J'ai retrouvé aussi la notice sur son cadran qu'il a écrite à la première personne et qu'il a fait recopier avec une calligraphie parfaite, sans doute pour diffusion.

Et, pour la petite histoire, un article dans le Journal de l'Ain où il répond de façon cinglante au journaliste qui avait mis en doute sa qualité d'inventeur pour le cadran présenté à une exposition des produits nationaux à Paris, en 1839.

Monsieur François Chavent, de Montmerle sur Saône possède l'original d'un cahier de l'abbé Guyoux (avec photo de l'abbé) qui parle de l'histoire de la ville, mais ne dit mot des cadrans.

Voilà où j'en suis. Encore quelques cadrans à retrouver et à faire restaurer.

Je vous envoie également une photo de ma petite contribution pour faciliter la lecture de l'heure.

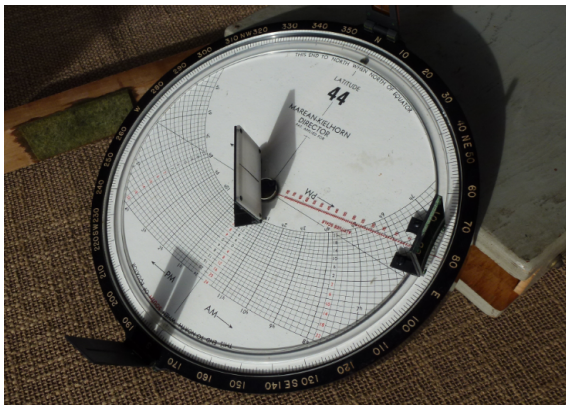
Accessoire propre à chaque cadran facilitant la lecture de l'heure en tenant compte de la longitude du lieu. Ici, palette pour le cadran du château d'Ailly.

Enfin, sachez que je viens de découvrir, la semaine dernière, un autre cadran de 1834 au château de Ronno (69750) et je suis en train de persuader son propriétaire de le remettre en état de marche.



- On nous a offert...

Un "Marean-Kielhorn Director"



Au dos de l'appareil, le mode d'emploi en anglais, ainsi que les déclinaisons. Les disques de latitudes sont à choisir en fonction du lieu.

D. Collin nous avait présenté ce même objet lors de la réunion d'octobre 2012. Il en a fait la description et écrit le mode de fonctionnement dans cadran Info n°27.

Un plan de G. Camus

Georges Camus (+) co-auteur du livre "Les cadrans de Paris" réalisé avec Madame Andrée Gotteland était membre de notre commission. "Projeteur" de métier et poète à ses heures¹, il a réalisé entre autre avec son neveu Jacques Chatellier plusieurs cadrans solaires.



¹ Quelques uns de ses poèmes ont été diffusés dans notre revue.

Ce dernier nous précisait dernièrement que son oncle effectuait les calculs et que lui se réservait la gravure. De cette association sont nés 5 cadrans .
<< Les quatre premiers sont répertoriés dans l'inventaire :

- 1982, sur la maison de mes parents au 1 rue de Bretagne , 1824 Sury Pres Léré
- 1984, sur l'église du village de Villégats 27120 –
- 1986, sur la ferme de Mr Rousseau à Villégats 27120
- 1988, sur la maison de campagne de Mr Camus à Villégats 27120.

Le quatrième non mentionné est sur la maison que j'occupe au 41 avenue de L'Ile D'amour 94170 Le Perreux sur Marne et daté de 1991.>>

Lors d'une visite à Villégats, Serge Grégori a rencontré Monsieur Guil, nouveau propriétaire



de la maison M. Camus, 8, rue de la Forêt. Celui-celui-ci a remis un plan retrouvé dans le grenier. Le cadran est tracé pour une latitude de 48°17', une longitude de -2° 06' et une déclinaison de -30°. Il est daté 1992. Aucun cadran dans notre inventaire ne correspond à ce projet.

Des livres et des études gnomoniques

Membre célèbre de la Société Psychanalytique de Paris, le docteur Michel Neyraut a écrit de nombreux ouvrages dans son domaine. Mais il était également passionné par la gnomonique. Dans une de ses publications, il a même fait figurer la photo d'un cadran solaire. Décédé l'année passée, il aurait souhaité écrire un livre, un "que sais-je" consacré aux cadrans.

Avec son ami Jean-François Echard, ancien membre de la SAF, également décédé, ils échangeaient sur leur hobby commun. Un cadran a été réalisé sur la façade Sud de la maison de campagne du docteur : 9 rue des Noyers à la Chapelle Rablais petit village de Seine et Marne. Des articles ont été écrits. Très bon photographe, M. Echard avait offert à notre commission, un CD de cadrans solaires du département de l'Indre.



Madame Neyraut a voulu remettre à notre commission les documents de son mari. Ainsi, des livres, des photos et cartes postales, des recherches gnomoniques ou encore des études réalisées par M. Echard, sont en notre possession.

Avec l'accord de Mme Neyraut et de Mme Echard, que nous remercions, nous mettons à disposition ces documents. Pour ce faire :

- Il a été diffusé par info-mail n° 14 du 6/2/2014 :

° une documentation sur le cadran du collège des Jésuites à Reins,

° l'étude originale de JF Echard : "Cadran solaire

indépendant de la latitude : cadran Freeman". Celle-ci a été publiée dans *Cadran info* n°13 p. 20.

° des photos datées de 1991 de la tour des vents à Athènes.

- Les photographies et cartes postales de cadrans solaires ont été remis début mars, à Serge Grégori, responsable des inventaires.

⇒ Dans la version numérique, vous trouverez en annexe le dossier Neyraut :

- la liste de la trentaine d'ouvrages (à noter que la plupart des titres sont consultables à la bibliothèque de la SAF).
- L'étude originale de JF Echard concernant les cadrans solaires à réflexion avec miroir deltoïde publiée dans Cadran Info n° 14, p.28.
- Une généralité sur les cadrans solaires par M. Neyraut.

Une lettre de 1792

C'est un extraordinaire présent que nous fait Christopher St JH Daniel, MBE, FSA, président de la British Sundial Society.

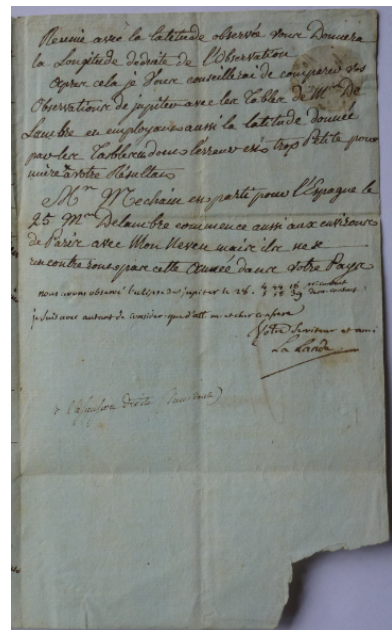
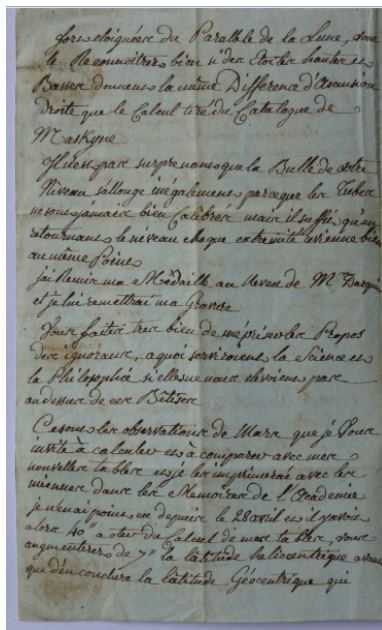
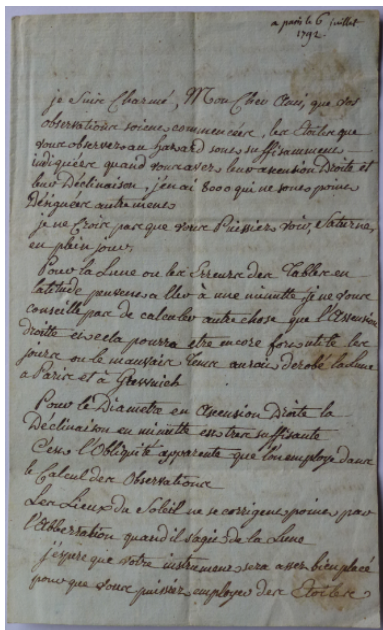
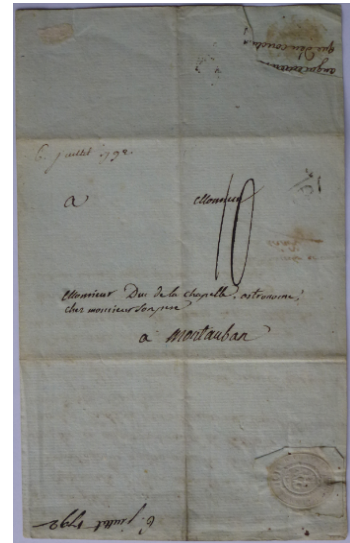
Il nous dit avoir découvert dans un livre français, il y a bien longtemps, une lettre de Lalande datée du 6 juillet 1792 et adressée à Monsieur le Duc de la Chapelle à Mautauban². Considérant que ce précieux courrier appartient à la France, il nous l'a adressé le 2 janvier dernier et nous demande d'en prendre soin.

C'est ainsi que Philippe Sauvageot a remis cette lettre à la SAF. Philippe Morel président de celle-ci a écrit à ce propos :

<<Merci à toi pour cette intervention en faveur de la SAF. Comme tous les documents et ouvrages anciens qui nous sont offerts cette lettre rejoindra à terme le Fonds Flammarion et sera référencée sous le nom du donateur.

Il en sera ainsi de la part SAF des dons de Charles Fehrenbach et Audouin Dollfus>>.

Au nom de tous, merci à Christopher St JH Daniel pour l'honneur qu'il nous fait, sa confiance et sa gentillesse.



- Format de la missive : plié : 112 x 77mm ; déplié, 112 x 190mm

² Dans le numéro spécial de L'Astronomie juin 1989 p.281, Mme S. Dumont décrit Monsieur Duc-Lachapelle

- Contenu :

A Paris le 6 juillet 1792 Monsieur le Duc de la Chapelle A Montauban

Je suis charmé, mon cher ami, que vos observations soient commencées, les étoiles que vous observez au hasard sont suffisamment indiquées quand vous avez leur ascension droite et leur déclinaison, j'en ai 8000 qui ne sont point désignées autrement.

Je ne crois pas que vous puissiez voir Saturne en plein jour.

Pour la Lune où les erreurs des tableaux en latitude peuvent aller à une minute, je ne vous conseille pas de calculer autre chose que l'ascension droite et cela pourra être encore fort utile les jours où le mauvais temps aurait dérobé la Lune à Paris et à Greenwich.

Pour le diamètre en ascension droite, la déclinaison en minutes est très suffisante.

C'est l'obliquité apparente que l'on emploie dans le calcul des Observatoires.

Les lieux du Soleil ne se corrigent point pour l'aberration quand il s'agit de la Lune.

J'espère que votre instrument sera assez bien placé pour que vous puissiez employer des étoiles fort éloignées du parallèle de la Lune, donc le reconnaîtrez bien si les étoiles hautes et basses donnent la même différence d'ascension droite que le calcul tiré du catalogue de Maskelyne.

Il n'est pas surprenant que la bulle de votre niveau s'allonge inégalement parce que les tubes ne sont jamais bien calibrés mais il suffit qu'en retournant le niveau chaque extrémité revienne bien au même point.

J'ai remis ma médaille au neveu de M Darquier et je lui remettrai ma gravure.

Vous faites très bien de mépriser les propos des ignorants, à quoi serviraient la Science et la Philosophie si elles ne nous élevaient pas au-dessus de ces bêtises.

Ce sont les observations de Mars que je vous invite à calculer et à comparer avec mes nouvelles tables et je les imprimerai avec les miennes dans les Mémoires de l'Académie, je n'en ai point eu depuis le 28 avril et il y avait alors 40'' à ôter du calcul de mes tables, vous augmenterez de 7'' la latitude héliocentrique avant que d'en conclure la latitude Géocentrique qui mesurée avec la latitude observée vous donnera la longitude déduite de l'observation.

Après cela je vous conseillerai de comparer vos observations de Jupiter avec les tables de M De Lambre en employant aussi la latitude donnée par les tables dont l'erreur est trop petite pour nuire à vos résultats.

Mr Mechain est parti pour l'Espagne le 25 .M Delambre commence aussi aux environs de Paris avec mon neveu mais ils ne se rencontreront pas cette année dans votre pays .

Nous avons observé l'éclipse de Jupiter le 28.

4 44 15 18

5 58 39

Je suis avec autant de considération que d'attachement cher confrère.

Votre serviteur et ami

Des plans et une valise



Monsieur Rober Brandsetter, "personnage extraordinaire et généreux", cadranier amateur, avait participé en 1981 au concours de cadran solaire lancé par l'école des mines de Sofia-antipolis³. Il avait également réalisé un magnifique cadran en haut de l'escalier de sa "grotte" qui figure en pleine page 201 de l'ouvrage "les cadrans solaires" de RJ Rohr (1986).

Après son décès, la mairie de Meschers a contacté Jean-Michel Ansel, qui avait été en relation avec lui, afin de proposer quelques objets retrouvés dans sa demeure. Il s'agit de "calques"

et d'une valise.

La douzaine de calques concernent des cadrans solaires, des épures diverses. Ils ont été tracés dans les années 90. Certains ont pris l'humidité ou sont déformés.

³ Cadran cylindrique dont la partie supérieure est mobile. Projet n° 30 : *Concours cadran solaire 1981*, Sofia-antipolis 06560 Valbonne.

La valise faite en bois, mesure 65cm x 112cm x 8cm. D'un poids de 8kg, elle contient des "outils fait maison" :

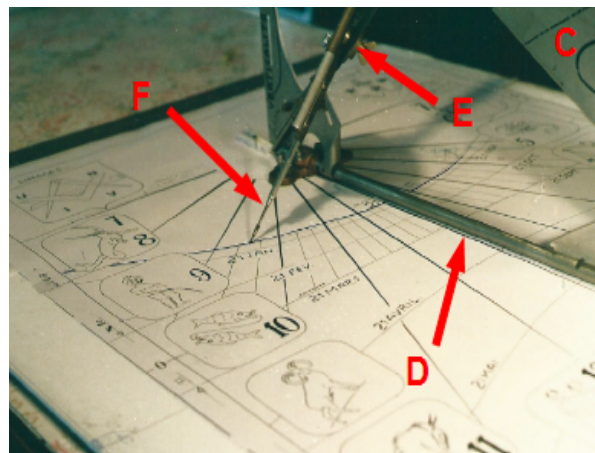
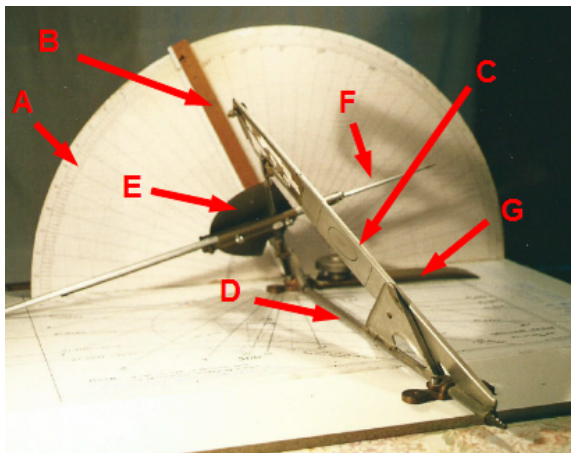
- ° rangé sous le couvercle, un plateau (A) semi-circulaire de 52cm de rayon servant à incliner le support/style (C) en fonction de la déclinaison du mur. Une règle (B) plate rappelle la déclinaison.

- ° un support/style (C) réglable en fonction de la latitude du lieu pivote également autour une tige en acier (D), permettant de l'incliner à gauche ou à droite du plan méridien afin de respecter la déclinaison du mur.

- ° un rapporteur/trigone (E) venant se fixer sur le support précédent, permet de tracer les arcs diurnes à l'aide d'une tige-pointeau (F) coulissante.

Afin de stabiliser l'ensemble une plaque (G) avec un poids posé dessus vient en appui du côté opposé à l'inclinaison du support.

Les différentes tiges et axes sont en acier. Les supports en aluminium. L'assemblage des éléments se fait par vis munies d'écrous "papillon".



Photos de R. Brandsetter

- Exposition à Bagneux



Une exposition et des conférences gnomoniques se sont tenues à la médiathèque Louis Aragon de Bagneux du 18 janvier au 5 mars derniers. Notre collègue Alain Ferreira a participé à l'exposition de cadrans solaires et aux conférences/ateliers.

A cette occasion, il a réalisé des affichettes descriptives des nombreux cadrans.

Comme nous l'avons déjà proposé, si vous souhaitez regrouper des affiches, des notes descriptives, des instruments ou maquettes d'exposition, afin de constituer « un kit exposition »

prenez contact avec Alain Ferreira.

⇒  **Dans la version numérique, vous trouverez en annexe le dossier Ferreira**

- ° présentation de quelques fiches descriptives de cadrans



° Courriers gnomoniques

- A propos d'un cadran portatif (suite)

Je vous rend compte de la suite apportée à l'appel que vous avez bien voulu lancer sur le site de la Commission le 25/3/2013 (info-mail n° 27_2013) et en complément de ma lettre publiée dans Cadran Info n° 28 page 166 , à propos d'un cadran portatif Gilbert & sons.

J'ai ainsi été en relation avec Jacques Vialle, Gérard Oudenot et François Estivalet avec lesquels j'ai échangé de nombreux courriels.

Il en résulte que je constate que la bibliographie concernant ce type de cadran, cependant fort répandu, est rare et peu connue et que la conception et l'usage de cet instrument recèlent pour moi encore quelque mystère...

Il s'agit d'un cadran solaire portatif universel utilisant un cadran horizontal de référence. Il est construit pour une latitude de 62°N, soit la latitude des pays nordiques.

L'articulation de la table horizontale permet de relever celle-ci d'une valeur à choisir sur une échelle graduée de 0 à 62; on peut ainsi exploiter les mêmes lignes horaires pour différentes latitudes, graduation 49 par exemple pour Paris.

Pendant les graduations de l'échelle de référence, si elles désignent les latitudes, correspondent à l'angle que fait la table avec l'horizontale, angle qui correspond non pas à la

latitude du lieu mais à la *latitude équivalente*, obtenue par une équation de trigonométrie sphérique, conformément à la théorie du cadran horizontal équivalent.

L'affaire est compliquée par le fait que si les lignes horaires (y compris les lignes 6 et 18) convergent en un point unique, centre du cadran, le point d'ancrage de l'arête du pseudo-style est nettement (env 2cm) excentré; ce pseudo-style ne peut donc être le style du cadran horizontal. Doit-on en conclure que seule l'ombre de son extrémité doit être prise en compte pour déterminer l'heure solaire? Il ne peut en effet s'agir d'une erreur de construction pour un instrument, produit par un artisan réputé, et qui avait vocation à être relativement précis (grande boussole, niveau à bulle) : il paraît d'autre part peu probable que cet instrument de belle facture soit destiné uniquement à une fonction décorative.



- Tableaux pour formules gnomoniques

Sous ce titre, monsieur Marc Limousin nous présentait dans *Cadran Info* n° 28 page 98, des fichiers Excel permettant le calcul de formules données dans les livres de Denis Savoie ou relevées dans différents articles. Ceux-ci n'avaient pu être joints en annexe de la version numérique, au moment de la diffusion de la revue.

Par courrier du 22 janvier dernier, nous apprenons que les tableaux sont perdus. Cependant ayant écrit à la main toutes les procédures pour préparer le travail d'entrée des données, M. Limousin nous confie ses documents. Ainsi le titre pourrait être inversé et devenir : « Formules gnomoniques pour tableaux »

« je vous adresse-ci joint, les documents papier de l'explication de la mise sur tableur des différents types de cadra solaires, tel que je les ai rédigés en leur temps, sans les avoir relu.

Tous ont été vérifiés par le tirage de leurs tracés suite à la réalisation de ces tableurs mis sur disquettes. Les disquettes on été malheureusement détériorées et actuellement ni reconstituées».

Après avoir numérisé l'ensemble des pages reçues, nous pouvons vous offrir en annexe tout le travail de M. Limousin.

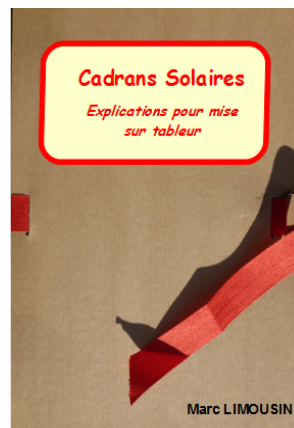
Avec ces 25 documents classés par type de cadrans⁴, tout utilisateur d'Excel, familier avec les formules trigonométriques, peut restituer les feuilles de calculs. Tout est expliquer en détail :

- L'origine des formules,
- Les symboles utilisés,
- Les valeurs à entrer dans chaque cellule
- Un exemple de résultat...

Si vous réaliser la mise sur tableur de ces formules, merci d'en faire profiter la commission

⇒ Dans la version numérique, vous trouverez en annexe le dossier "Limousin" :

- ° Ensemble des fichiers en pdf, classés par numéro



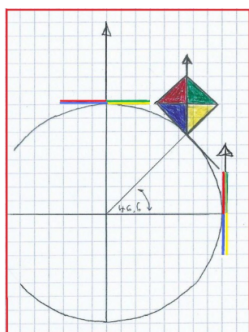
- Polyèdres réguliers

«Même s'il est dépourvu de toute vanité d'auteur, le gnomoniste qui écrit quelques lignes dans Cadran-Info, n'a pas de plus grand plaisir que son « Courrier des lecteurs », aussi je remercie très cordialement Monsieur Dallet d'avoir eu l'idée de prolonger, en le généralisant, mon exposé consacré au cadran octaédrique du Ferraud, près de Chaponost⁵.

Son idée consiste à construire des octaèdres tels que leur « traversante » soit alignée avec l'axe du monde à la latitude d'installation ; ainsi plus besoin d'incliner l'octaèdre d'or pour qu'il satisfasse à cette exigence. L'octaèdre généralisé peut, partout, être installé sur une face et posé sur un grand cadran horizontal dont le style polaire sera la « traversante », matérialisée et suffisamment prolongée. Entre pôle et équateur l'octaèdre, tel un accordéon, se transforme selon la latitude.

Maintenant, pour le plaisir du lecteur, place à Monsieur Dallet».

Paul Gagnaire



«A la suite de la lecture de «L'octaèdre du Ferraud», page 82, Cadran Info n° 28 , écrit par Gagnaire Paul, j'ai interprété, torturé, et déformé son texte. Rassurez-vous l'auteur l'a bien pris.

J'obtiens le document «L'Octaèdre Magique». ou «Cadran Octaèdre Accordéon de Corrèze»

Pierre Joseph Dallet

⇒ Dans la version numérique, vous trouverez en annexe, le dossier "Dallet" :

- ° Octaèdre_Magique .docx et .pdf
- ° La nouvelle version du logiciel AlgoSola
- ° Article CS Polyè
- ° Le code source d'AlgoSola

⁴ se reporter à Cadran Info n° 28 octobre 2013, p. 98

⁵ Cadran Info n° 28 octobre 2013, p.82

- Cadran de Thèbes

L'atelier Tournesol, nous a adressé le courrier ci-dessous à propos du CADRAN de THEBES étudié par Champollion au Musée Royal Égyptien de Turin en 1825.

Des archéologues, égyptologues et amateurs de cadrans antiques se passionnent sur le voyage d'un cadran d'une tombe de Thèbes/ au musée de Turin/ actuellement en transit au musée dauphinois à Grenoble. Une enquête est en cours afin de mieux l'identifier.

Il y a une vingtaine d'années, nous avons feuilleté un livre de Jean-Baptiste Biot : "*Traité élémentaire d'astronomie physique*", 1841, p 87 à 93⁶ citant un mystérieux cadran solaire étudié par Champollion au musée égyptologique de Turin.

L'Atelier Tournesol l'avait mentionné à la remise de l'inventaire des 538 cadrans solaires anciens de l'Isère, protection de ce patrimoine menacé.



Fig.1 : le cadran

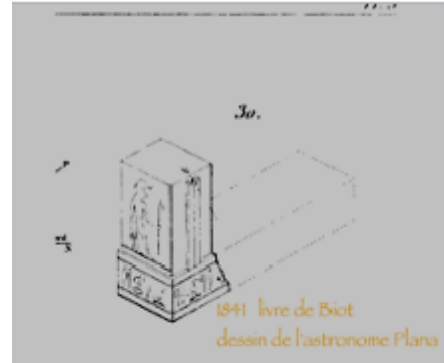


Fig.2 : Gallica: extrait du livre de l'astronome BIOT avec le dessin de l'astronome Plana, qui nous a servi à mieux l'identifier dans les réserves du musée de Turin).

astronome Thecoukong, qui remontent beaucoup plus haut, puisqu'elles datent de 1100 ans avant notre ère (*). Enfin, on a la preuve que le gnomon à style était connu en Égypte à des époques bien plus reculées encore; et qu'on savait même l'y employer sous des formes plus compliquées que je ne viens de le dire. Car, parmi les monuments d'antiquité que possède le musée de Turin, feu Champollion en a découvert un, trouvé à Thèbes dans des tombeaux dont l'existence remonte à plus de 2000 ans avant l'ère chrétienne, et qui offre tous les caractères d'un gnomon à style, où le style était oblique au plan vertical, comme dans les cadrans solaires actuels qui marquent midi dans les lieux publics. On l'a représenté, *fig. 30*, d'après un dessin exact, que je dois à M. Plana. Il consiste en un socle carré, de basalte, admirablement poli, dont deux faces latérales sont soigneusement sculptées. L'une porte à son milieu deux petites rides parallèles très légères, laissées en relief des deux côtés du centre du trou, auquel probablement le style s'insérerait; et entre elles, à partir du centre du trou est tracée une ligne droite d'une finesse extrême pour recevoir l'ombre du style. Comme indice confirmatif de cette destination, la face contiguë à celle-ci présente l'image, en pied, du dieu soleil Phré, tournée vers le côté d'où vient la lumière. La

Texte extrait du livre de Biot 1841

L'exposition au musée dauphinois fut reportée fin 2013- Nous avons le plaisir de pouvoir le découvrir de visu jusqu'en septembre 2014. "Voir Midi à Sa Porte" rassemble d'autres instruments anciens de mesure du temps.

Ce cadran en basarite mesure 6,4 x 3,4cm. Sous une vitrine blindée, nous déplorons que l'instrument soit latéralement brisé.

⁶ A retrouver dans « Annexe » de la version sur CD.

Ce début janvier 2014, grâce à une égyptologue de l'ADEC, nous avons eu le plaisir de lire la lettre du 30 juillet 1825 de Champollion le jeune à son frère. Ci-dessous p 246 à 247⁷.

« J'ai fait ma rentrée au Musée Royal Égyptien, mon cher ami, et j'ai tout trouvé dans l'ancien état. Le *Grand homme* n'avait touché à aucun paquet, et j'ai eu le plaisir de les défaire. Il n'est résulté jusques ici rien de bien intéressant de ces nouvelles recherches, si ce n'est un petit monument fort curieux dont je t'envoie ici le croquis fait à la hâte. C'est un petit morceau de basalte noir, travaillé avec le plus grand soin, et à peu près de la grandeur du dessin. Je suis convaincu que c'est une *Méridienne*, une montre polaire, donnant le moment précis de midi lorsqu'elle était en place. A est un trou incliné, qui ressort en B au-dessus d'un petit pilastre, ménagé en relief sur cette face et partagé par une ligne creusée perpendiculairement au-dessous du trou B. Le style ou gnomon entrant en A, ressortait en B avec une inclinaison comme dans l'exemple H, et, à midi, l'ombre du style couvrait la ligne I du pilastre. Sur la face voisine est une image E du Dieu *Soleil*. Sur la base G sont les restes d'une inscription hiéroglyphique, ne contenant plus que les titres du possesseur de la *Méridienne*, *scribe de Thoth*, ce qui montre bien que ce petit instrument appartenait à un membre de la caste sacerdotale, c'est-à-dire à un astronome juré. Au point D, la machine est rompue, et elle se prolongeait indéfiniment, F. Cette prolongation pouvait être assez considérable, car ce qui reste de l'inscription établit qu'elle était assez longue. Je fais faire un plâtre de ce petit monument dont tu peux régaler les malins. Je serais bien aise de savoir si les gens du métier seront de mon avis ; quant à moi, j'ai dit que c'était une *Méridienne*¹, et je persiste.

Une chose sur laquelle je ne persiste pas, c'est, dans la *Seconde Lettre*, la lecture du nom de *Sossen* dans la stèle de *Mandouj'tèp*. Ce nom est écrit, je crois, *xxx*, et il doit se lire *xxx.en*, *Aâsen*, sans aucun doute. Il faut donc modifier, s'il en est encore temps, toutes les belles choses que je disais à propos de la lecture *xxxx* = *Sossen* qui est fautive. Du reste, cela ne change rien à mon affaire. C'est une partie purement accessoire.

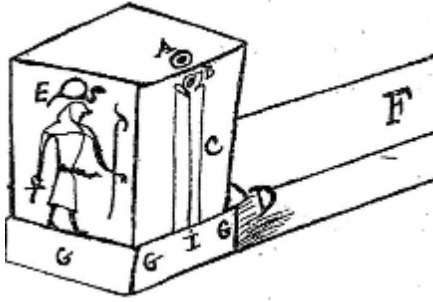
Le père Durand m'est tombé inopinément sur les bras avant-hier matin. J'ai frémi pour la collection Sait en le voyant apparaître. Il va en effet en Italie et passera *par Lioourne*. J'écris en attendant aux banquiers Santoni, pour qu'ils ne concluent rien avec lui avant la réponse définitive que j'attends de Paris. Il faut donc la presser, et je présume qu'à l'heure qu'il est, les premières démarches sont faites, M. le Duc ayant dû recevoir ma lettre, le catalogue et les propositions Santoni par l'ambassadeur de Sardaigne. Je recommande prestesse, et la décision ne peut arriver trop vite, soit en bien, soit en mal.

J'ai appris par Durand que le *XXX* l'avait visité lorsqu'il vendit sa collection, pour qu'il appuyât sur la nécessité de nommer un *conservateur* au Musée Royal pour les monuments Égyptiens. Ses anciennes prétentions subsistent donc toujours, et il serait bon d'avoir l'œil sur lui, s'il est encore question de quelque chose pour moi, dans l'espèce. Une lettre de M. de Corbière m'annonce la faveur que le Roi m'a faite de me nommer chevalier de la Légion d'honneur ; il m'invite d'attendre la lettre du Grand Chancelier, auquel je devrai faire connaître la personne que je désire pour me recevoir. Tu pourrais faire d'avance cette désignation et nommer M. le Marquis de la Tour du Pin, notre ambassadeur, comme tu en avais déjà eu l'idée. — Une lettre de Florence m'annonce qu'on t'expédiera prochainement un ballot de livres étrusques. Je désire que cela te soit agréable. J'eusse été bien empressé de recevoir la croix des mains de notre Vénérable, et je ne (Verrais au fond aucun inconvénient à attendre mon retour à Paris pour me donner ce plaisir. Donne-moi de ses nouvelles et présente-lui toutes mes tendresses respectueuses.

Adieu, mon cher ami, écris-moi souvent et crois-moi tout et toujours tien de cœur et d'âme,

J.-F. Cii.

⁷ Les pages 244 à 248 sont à retrouver dans « Annexe » de la version sur CD.



NOTES :

° Le petit monument mesure 55 millimètres de hauteur. C'est, d'après Biot, un instrument d'astronomie, un véritable gnomon en miniature, avec l'image du dieu Phré sculptée sur une des faces latérales et tournée vers l'astre. — Ce que Champollion a trouvé n'était, d'après Biot, que le signe des fonctions d'un hiéogrammate. — L'astronome Plana, à Turin, était du même avis; selon lui, la règle hiéogrammatique formait un angle de 46° 3' 20".

° « Veau fils de Veau ». Champollion nommait ainsi Jomard, qui s'était moqué de sa traduction des signes 5? par « fils de ».

° Certains signes n'ont pu être rendus. Pour les retrouver, se reporter à la copie de la lettre en annexe.

Cette lettre confirme et complète la recherche pour mieux identifier cet insigne de prêtre hiéogrammate. L'illustre égyptologue y précise sa découverte de l'objet empaqueté au musée des antiquités égyptiennes de Turin. Ce dernier fut fondé en 1824 par Carlo Felice, qui acquit la collection de Bernardino Drovetti, consul de France en Égypte. Le 18 août 1828, le collectionneur accueillera l'expédition de Jean-François Champollion à Alexandrie.

A propos de nos questions à la SAF, sur l'usage du cadran égyptien, Bernard Arquier égyptologue nous répond : « Il s'agit ici du bloc vertical. Les inscriptions citent les titres du propriétaire, "scribe de la table" et responsable qui compte les mois et calcule les taxes sur les terres cultivées et semi-cultivées. Il est daté de la Basse époque ».

Quant à l'usage du cadran et sa règle, les recherches se poursuivent ... un système de mise en station verticale. Les indications des heures sont notées sur la partie inclinée absente de cet objet fragmentaire. En général, Il y a, pour les objets similaires connus, plusieurs échelles horaires pour six mois de l'année.

Nous espérons que d'autres réponses nous seront transmises grâce aux collections XIXe d'égyptologie des musées européens ou aux livres d'archives.

Merci de nous contacter : Atelier Tournesol, La Casamaures, 13 bis rue de la Résistance. 38 950. Saint-Martin-le-Vinoux. atelier.tournesol@free.fr 33 (0)9 50 71 70 75.

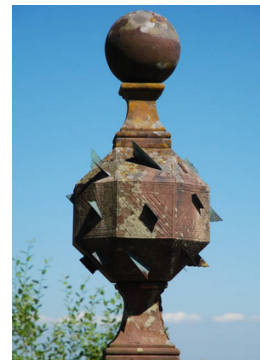
Bibliographie : Borchardt, Zeitmessung, fig. 17, 4 ; Clagett, Ancient Egyptian Science II, Fig. III. 50. N°4 ; A.-M. Donadoni Roveri, Civilisation égyptienne, la vie quotidienne, Electa, Milan, 1987, n° 222, p. 164 ; titres du personnage donnés d'après ce dernier ouvrage ; S. Bostico, « Due frammenti di orologi solari egiziani », Studi Calderini-Paribeni II, 1957, p. 33-49 ; Gl. Rosati, op. cit., cat. 1.2.8, p. 117.

⇒ Dans la version numérique, vous trouverez en annexe le dossier "Champollion"

- Limites de fonctionnement des cadrans solaires

Lors de notre réunion d'octobre 2013, Francis Tamarit nous avait présenté une suite de graphiques montrant les "limites de fonctionnement des cadrans solaires plans inclinés et déclinants". A partir d'un cadran multiface et s'appuyant sur les formules données par D. Savoie, voici son étude.

« Il existe un type de cadran solaire très particulier qui est le cadran multi-faces, qui permet de lire l'heure du matin au soir. En effet, les différentes faces du cadran son éclairées successivement tout au long de la journée. Le cadran solaire polyédrique à 24 faces du Mont Sainte-



Odile est l'un des plus beaux et plus connus de ce type de monuments gnomoniques.

Lorsque j'ai construit une maquette en carton en prenant pour modèle le cadran solaire du Mont Sainte-Odile, j'ai recalculé chaque face pour la latitude de Genève. Je me suis alors trouvé confronté au problème de la limite de fonctionnement d'un cadran incliné et déclinant. Le problème étant : Quelles heures doit-on tracer sur chaque face du cadran, l'objectif fixé étant que l'ombre du style atteigne chacune des lignes horaires au minimum un jour par an.

La clé pour résoudre ce problème (cela peut sembler ridicule et évident), est celle-ci : pour qu'un cadran solaire soit éclairé, il faut que le soleil soit au-dessus de l'horizon et qu'il se trouve devant le plan du cadran. Denis Savoie, dans ses fameux livres sur la Gnomonique, donne une formule permettant de calculer ces heures pour un cadran solaire donné.

Cette équation comporte 4 variables :

- La latitude du lieu
- L'inclinaison du mur
- La déclinaison du mur
- La déclinaison du Soleil

Les résultats de ce calcul donnent le premier et le second passage du Soleil dans le plan du cadran solaire (pour autant que l'orientation du cadran permette deux passages). Le problème avec ce type de calculs est que l'on trouve la solution pour un cadran solaire avec une inclinaison et déclinaison données en un lieu et une date eux aussi fixés.

J'ai cherché un moyen pour pouvoir visualiser les solutions de ce problème d'une manière plus globale. Par exemple comment évoluent les résultats de ce problème si l'on ne fait varier qu'une seule variable de l'équation.

La représentation des résultats d'une équation sous forme de graphique m'est familière, mais les 5 variables mises en jeu ne permettent pas a priori d'utiliser cette méthode. J'ai donc cherché un moyen de réduire le nombre de variables à 3 afin de pouvoir tracer un graphique.

En fixant la latitude du lieu on réduit le nombre de variables à 4. Après divers tâtonnements, j'ai remarqué qu'en fixant la déclinaison du soleil aux trois moments clé de l'année (les équinoxes et les solstices d'été et d'hiver) on pouvait trouver les « enveloppes » des solutions de l'équation. En utilisant des couleurs différentes pour ces 3 « enveloppes » de solutions saisonnières et en les traçant sur la même feuille, le nombre de variables est finalement réduit à 3. L'utilisation d'un graphique en 3 dimensions devient alors possible.

Afin de pouvoir lire toutes les solutions de l'équation, une autre astuce a été utilisée. Le graphique en 3 dimensions a été saucissonné en tranches et présenté sous la forme d'une série de graphiques en 2 dimensions formant un diaporama ou dessin animé.

La latitude choisie pour les calculs est celle de Genève $46^{\circ} 12' N$. Voici comment se présentent les résultats :

- Chaque graphique représente une distance zénithale du plan du cadran qui varie tous les 5 degrés avec des valeurs extrêmes allant de 180° à 0° .
- L'axe horizontal des graphique indique la déclinaison du plan du cadran avec des valeurs extrêmes allant de -180° à $+180^{\circ}$ (0° = cadran sud, -90° = cadran est & $+90^{\circ}$ = cadran ouest)
- L'axe vertical donne les heures vraies des passages du soleil dans l'axe du plan du cadran

Comment lire et utiliser ces graphiques :

- Si l'on a un cadran solaire dont on connaît l'inclinaison et la déclinaison, il suffit de choisir le graphique correspondant à l'inclinaison du cadran puis il faut tirer une ligne verticale depuis l'axe horizontal donnant la déclinaison du cadran. L'intersection de cette

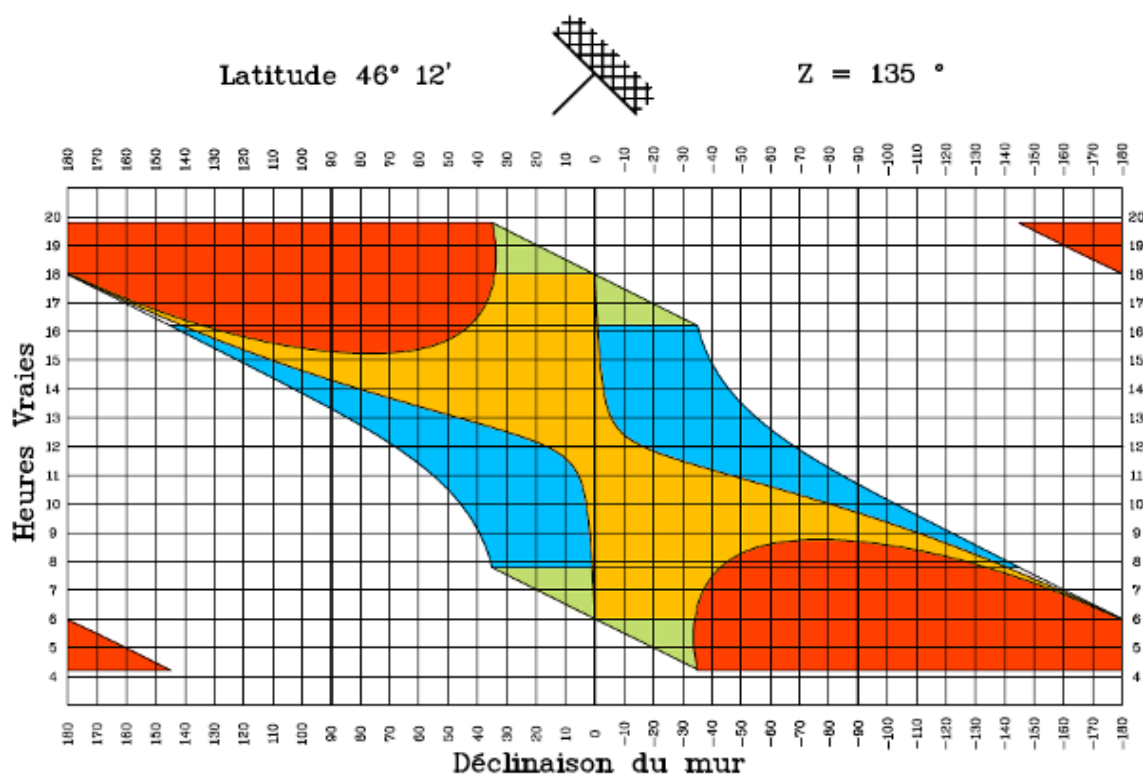
ligne verticale avec les diverses zones de couleurs (enveloppes saisonnières) donnent les heures limites pour lesquelles un cadran sera éclairé.

- Une autre manière d'utiliser ces graphiques ludique et instructive que je pratique régulièrement, consiste à faire défiler les graphiques sous la forme d'un dessin animé.

En se laissant porter par le flux et la pulsation des zones colorées, on découvre plein de petits détails que nous connaissons tous plus ou moins bien... et que je n'ai pas encore fini d'explorer, peut-être le sujet d'une prochaine présentation (?).




Exemples d'éclairément pour $Z = 135^\circ$. Avec :

- En bleu les zones éclairées le jour du solstice d'hiver.
- En rouge les zones éclairées le jour du solstice d'été.
- En jaune les zones éclairées les jours d'équinoxes.
- En vert les zones éclairées en dehors des jours particuliers



J'ai eu beaucoup de plaisir à préparer cette présentation « graphique-animée » pour notre réunion du mois d'octobre à Chaville, car j'ai beaucoup appris et découvert. Aussi je vous fait partager mes documents.

⇒ [Dans la version numérique, vous trouverez en annexe le dossier : Tamarit](#)

 Limites fonctionnement Cadran ANIMATION.ppt	13/09/2013 17:55
 Limites fonctionnement Cadran.ppt	16/09/2013 15:06
 Tamarit_Mur Eclairé.ppt	05/08/2013 18:14

Nota :

Il n'y a pas de logiciel pour créer ces graphiques c'est pour cela que cette présentation est une solution "nouvelle". En effet, j'ai procédé de la manière suivante :

- 1- une feuille de calcul Excel dans laquelle je fixe d'abord la distance zénithale et une des 3 déclinaisons du soleil utilisées (équinoxes et solstices)
- 2- extraction des valeurs XY du tableur Excel dans un fichier "txt"
- 3- remplacement de l'espace entre les deux colonnes par une virgule (même procédure que celle que j'avais décrit et que tu as déjà publié)
- 4- création d'une "polyligne" dans Autocad avec le tableau XY crée.

RÉPÉTER LES OPÉRATIONS 1 à 4 TROIS FOIS EN TOUT POUR OBTENIR LES 3 "ENVELOPPES" DE RÉSULTATS D'UNE DISTANCE ZÉNITHALE DONNÉE.

- 5- colorer les "zones enveloppes" de résultat dans Autocad
- 6- extraire d'Autocad le graphique sous forme de fichier "pdf"

RÉPÉTER LES OPÉRATIONS 1 à 6 POUR TOUTES LES DISTANCES ZÉNITHALES (plus de 70 en tout)

- 7- importer dans Powerpoint tous ces graphiques pour créer l'animation.

Voilà, c'est simple, non...?

Beaucoup de réflexions et de tâtonnements et des heures de boulot pour réaliser ce projet...mais pas de logiciel pour sortir ces résultats de manière simple et rapide.



° Gnomonique du monde

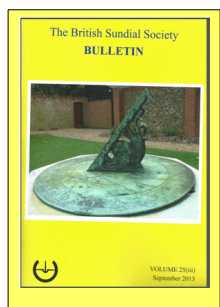
– **Sommaires des dernières revues ou bulletins :**



CR de la réunion de la GSA à Triest les 20 et 21 septembre 2013 (CD) de la GNOMONICAE SOCIETAS AUSTRIACA GSA

- Des conférences : ° W. Siegfried : Des liens entre les cadrans solaires manufacturés. ° H. Grenzhäuser : Le dilemme avec l'analemme. ° J. Bonnin : Horologia Romana. ° P. Alberi Auber : L'obélisque d'Auguste et sa ligne méridienne à Rome. ° H. Sonderegger : Un cadran solaire universel facile à réaliser. ° R. Folk : Les cadrans solaires d'Andreas

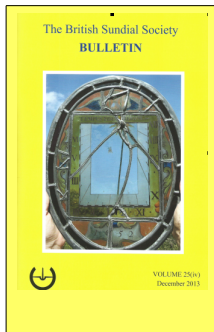
Pleninger. ° J. Schmitz-Scherze : Trois modèles de cadrans solaires d'après Gaupp, Brentel et Graffenried. - Des visites : ° Chambre de commerce de Trieste : une méridienne de 12 m de long, réalisée par Antonio Sebastianutti et Gaspre Tonelle en 1820. L'œilleton est à 5,45m. ° Musée d'Aquilée ° Site d'Aiello del Friulli, "le village des cadrans solaires".



VOLUME 25 (iii) - september 2013 (sur papier) de la BRITISH SUNDIAL SOCIETY

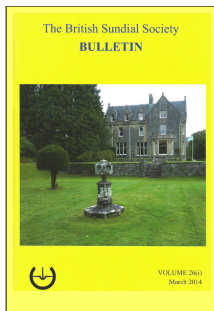
1 Editorial; 2 The Buscot Obelisk - Mark Lennox-Boyd; 5 Most Enjoyed Article Award, 2012; 6 The Globe Dial of Prosymna - Karlheinz Schaldach and Ortwin Feustel; 12 Noon Overlaps and Underslung Gnomons - JD; 13 In the Footsteps of Thomas Ross. Part 6: The sundials of Robert Palmer, schoolmaster - Dennis Cowan; 15 Reader's Letter - Vincent; 16 The Faversham Guildhall Noon-Mark - Christopher Daniel; 19 Stormontfield. Queen Victoria's Diamond Jubilee Commemorative Sundial - Dennis Cowan; 20 BSS

Photographic Competition 2012-13 - Ian Buts on; 24 The Tangram Diallists - Michael Lowne; 25 Bristol Three-Piece Dial - Tony Wood; 27 Identity Theft - Jill Wilson; 28 Postcard Potpourri 27. St Mary and All Saints Church, Conway - Peter Ransom; 29 A Universal Equinoctial Dial By T.W. Watson - Mike Cowham; 32 Mysteries of the Astrolabe. An exposition by rule and compass - Peter Drinkwater; 36 New Russian Dials - Valery Dmitriev; 38 Alfred Rawlings' Sundial Painting - John Food; 40 Planetary Hours - Michael Lowne and John Davis; 48 New Dials - John Davis



VOLUME 25 (iv) - december 2013 (sur papier) de la BRITISH SUNDIAL SOCIETY

1 Editorial; 2 A Sundial Found in the Egyptian Valley of the Kings - Rita Gautschy and Susanne Bickel; 7 A Dial by George Bradford - John Davis; 8 Amaterasu—The Japanese Sun Goddess Rises in Shipston on Stour - Simon Fry; 12 A Note on the Conservation of an Eighteenth-century Church Dial - Frank Evans; 14 An Edwin Russell Designed Horizontal Dial - John Davis; 15 Peter Drinkwater—Obituary - Christopher Daniel; 16 Sundial Trip to London - Maureen Harmer; 18 More Newly-Reported Dials - John Foad; 20 Postcard Potpourri 28—St Deiniol's Churchyard, Hawarden, Clwyd - Peter Ransom; 21 Readers' Letters - Hawker, Head; 22 In the Footsteps of Thomas Ross. Part 7: Scotland's grandest dials - Dennis Cowan; 27 A Missing Stained Glass Sundial Located - John Davis; 28 The Scadbury Horizontal Stone Sundial - David Hawker; 31 A Ceramic Sundial - JD; 32 An Appreciation of Edwin Russell's Sundials - Douglas Bateman (with Joanna Migdal and Christopher Daniel); 34 Sundials and Slavery - Roger Bowling; 40 The Reworking of Mass Dials - Tony Wood; 42 Newbury One-Day Meeting, 21 September 2013 - Mike Isaacs; 44 More Dials From Edwin Russell's Workshop; 45 Designing and Creating Pierced Gnomons—Some initial ideas - Tony Moss; 50 The Singleton 'Druid' Helical Dials — Barrie Singleton; 52 Portable Dials at the Galerie Delalande - Dominique and Eric Delalande



VOLUME 26 (i) - mars 2014 (sur papier) de la BRITISH SUNDIAL SOCIETY

1. Editorial; 2 Two Conical Sundials with Missing Gnomons in the Archaeological Museum of Athens – Evangelia Panou, *Efstratios Theodossiou, Vassilios N Manimanis & Konstantinos Kalachanis* 8. Sherlockian Dials - *Anthony Capon*; 10 Two Tompion Sundials on Display in California - Douglas Bateman; 12 A Chinese Book of Sundials and a Noon Mark in Australia - John Ward & Margaret Folkard 14. A 'Brilliant' Australian Sundial - Kevin Kamey & Grant Calvin; 17 A New Analemmatic Dial in Brighton - Jackie Jones; 18 Sundials on Boulders - Martins Gills; 21 New Dials - Michael Harley; 22 Dial Dealings 2013 - Mike Cowham; 25 Postcard Potpourri 29—Fairbanks House, Dedham, Mass., USA - Peter Ransom; 25 Christopher Daniel Receives His MBE; 26 A World Sunclock - Michael Lee; 32 Thomas Hogben's Perpetual Calendar - Nigel Rainton; 35 Two Unique Sundial Drawings From Vilnius - Darek Oczki; 36 The Zutphen Quadrant - A very early equal-hour instrument excavated in The Netherlands - John Davis; 43 Readers' Letters - Lester, Bateman; 44 Hillwalking and Sundials—An Unusual Combination? - Dennis Cowan; 46 Snowhill Manor—Finding a dial that was there all the time - Tony Wood & Jill Wilson; 48 Book Review - Oczki



La BUSCA de PAPER N° 75 Estiu 2013 (sur papier et CD) de la Societat Catalana de Gnomonica SCG

Editorial 3; Calendari i religió, per E. Farré 5; Resum de les activitats de la celebració del 25è Aniv. de la SCG, per C. Bou 13; La col·lecció de rellotges personals del MADB (I), per E. Farré 15; Ruta dels rellotges de sol d'Elx i Santa Pola, per D. Mira 18; Poema "La Barcelona ignota", de J.M. Puig i Tornabell 19; Adéu a un bon amic 19; Una cronologia de la Cronometria (XIV), per E. Farré 20; Transformador d'hores circular 23; Els rellotges de sol del mas Roger, per P. Novella 24; Textos en castellano 26; Celebració 25è aniversari en imatges, S. Moret i A. Geraldès 35.



La BUSCA de PAPER N° 76 Tardor-Hivern 2013 (sur papier et CD) de la Societat Catalana de Gnomonica SCG

Editorial 3; Nadala, per P. Vilà 3; Gnomònica Jove, per I. Vilà 4; Poema, "Cançó del Capvespre" de S. Espriu 5; El rellotge de les Papallones, per V. Rebollar 6; Col·laboracions: una guia 8; Renovació de la Junta 8; La col·lecció de rellotges personals del MADB (II), per E. Farré 9; Publicacions rebudes 12; Fe d'errades 13; Un rellotge de lluna, per F. Clarà 14; Una cronologia de la Cronometria (XV), per E. Farré 16; Per a navegants 19; SCG, 25 anys fent història 20; Rellotges de sol del Montestir de San Xoan de Poio, per P. Novella 22; Recull de lobra de Rafael Soler Gayá al web de la SCG 25; Proposta de modificació en un gnòmon cònic per

a hores Itàliques i Babilòniques, per M. Pérez 26; Correus de socis i amics R. Aragonès 29; Excursió a la Vall d'Uixò en imatges, S. Moret i J.M. Rallo 31.



LE GNOMONISTE volume XX-3 septembre 2013 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/)

Première page avec photos 1; Liminaire (L: XX-3) septembre 2013 par André E. Bouchard 2; Des scientifiques s'invitent sous mon arbre par Jasmin Gauthier 4; La rencontre annuelle d'octobre à Montréal par André E. Bouchard 5; L'astrolabe de la réalisation par Michel Marchand 6; Le Sawyer Dialing Prize 2013 à André Bouchard par Géraldine Grenen 8; Le beau cadran de Pointe-aux-Outardes (2008) par André E. Bouchard 10; Les «étoiles» de Mégantic par Geneviève Massé et la CCSQ 17; Un cadran horizontal incliné par Claude Naud, ing. retr 18; Les revues en gnomonique (NASS,CMRS,SCG) 19; Correspondance 22.



LE GNOMONISTE volume XX-4 décembre 2013 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/)

Les vingt ans de la CCSQ par ses membres 2 ; Les Cahiers du Gnomoniste par André E. Bouchard 4; À la recherche du cadran de Saint-Guillaume par Jasmin Gauthier 6; Le magazine Québec Vert et Geneviève Massé par le rédacteur en chef 8; La restauration du cadran du Planétarium par Marc Jobin 10; Le cadran Rafael-Niceto-Sanchez 12; Simon Marius: astronome allemand (1573-1624) par André E. Bouchard 14; Cadran-Info: No 28,

octobre 2013 16; The Compendium (NASS) 18.



LE GNOMONISTE volume XXI-1 Mars 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/)

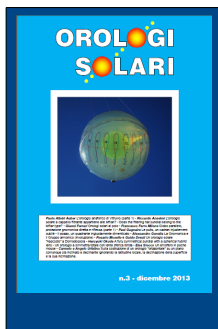
Liminaire (L: XXI-1), mars 2014 par André E. Bouchard 2 ; Le cadran du Planétarium de Montréal par la CCSQ 4 ; La gnomonique qui s'écrit par The Compendium et La Busca de Paper 8 ; Correspondance par Philippe Sauvageot 10 ; La tortue: l'âme de deux beaux cadrans: à Londres (UK) et à San Francisco (USA) par André E. Bouchard 12 ; Correspondance-2 16.



OROLOGI SOLARI N° 2 AGOSTO 2013 CGI - Coordinamento Gnomonico Italiano à télécharger sur le site : WWW.ROLOGISOLARI.EU

5 La Linea Meridiana di Augusto : Albéri Auber Paolo ; 20 La "doble catenaria" declinante : Anselmi Riccardo ; 25 "Ridatemi la meridiana" : Caccia Luigi ; 29 L'orologio solare della certosa di Vedana : De Donà Giuseppe ; 35 L'astrolabio latino ed islamico : Di Emanuele Leonardo ; 38 Effetto della rifrazione e della depressione dell'orizzonte sugli orologi solari : Ferrari Gianni ; 64 Il test del Prof. Schilt (1910 - 1999) : Gunella Alessandro ; 69 Quirico Filopanti - 1812-1894 : Paltonieri Giovanni ; 79 Rassegna riviste di gnomonica : Gunella Alessandro ; 83 Notizie gnomoniche: Ghia Luigi Massimo ; 91 Gnomonica nel

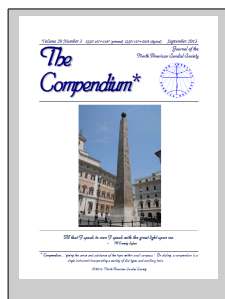
Web : Casalegno Gianpiero ; 92 Quiz: Nicelli Alberto.



OROLOGI SOLARI N° 3 DICEMBRE 2013 CGI - Coordinamento Gnomonico Italiano à télécharger sur le site : WWW.ROLOGISOLARI.EU

6 L'orologio anafórico di Vitruvio (parte 1) : Alberi Auber Paolo ; 22 L'orologio solare a cappello filtrante appartiene alle bifilari? : Anselmi Riccardo ; 27 Does the filtering hat sundial belong to the bifilar type? : Anselmi Riccardo ; 32 Orologi solari al polo : Ferrari Gianni ; 37 Globo parallelo, proiezione gnomonica diretta e riflessa (parte 1) : Ferro Milone Francesco ; 43 Le puits, un cadran injustement oublié : Gagnaire Paul ; 46 Il pozzo, un quadrante ingiustamente dimenticato ; Gagnaire Paul (traduzione Anselmi Riccardo) ; 49 La Gnomonica e il Gruppo armonico (involutione) : Gunella

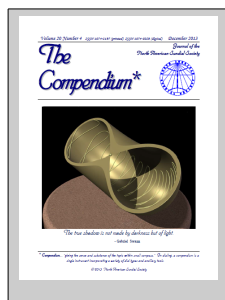
Alessandro ; 54 Un orologio solare "nascosto" a Domodossola Mosello Rosario e Dresti Guido ; 65 A fully symmetrical sundial with a spherical hybrid lens : Okuda Haruyuki ; 69 Un orologio a simmetria totale con lente sferica ibrida : Okuda Haruyuki (traduzione Casalegno Gianpiero) ; 73 Un emisfero in poche mosse : Stocco Elsa 83 Sulla costruzione di un orologio "orizzontale" su un piano comunque sia inclinato e declinante ignorando la latitudine locale, la declinazione della superficie e la sua inclinazione : Urfalino Carmelo e Angelo ; 97 Pubblicazioni: Ferrari Gianni ; 99 Rassegna riviste di gnomonica : Gunella Alessandro ; 104 Notizie gnomoniche: Ghia Luigi Massimo ; 106 Quiz: Nicelli Alberto ; 108 Effemeridi: Alberi Auber Paolo.



The COMPENDIUM vol 20-3 september 2013 (sur CD) de la **NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY**

Sundials for Starters – New Technology Robert L. Kellogg 1; Mathematical Analysis Of The Globe Sundial of Prosymna Ortwin Feustel 4; A NASS Sun Compass Flick Book Frank King 17; An Analemmatic Sundial Project Susan Leimbach 20; Love And The Sundial Thomas Moore (1829) 22; A Parting Wish Yale Lit (1884) 22; Bainbridge Island Sundial Sundials.org 23; The Obelisk Of Augustus And Its Meridian Line Paolo Albèri-Auber 24; When A Sundial Beats The Mechanical Clock Martins Gills 32; Sighting... An

Ailing Analemma Jeffrey Kretsch 34; Digital Bonus 35; C.D. Love's Roadside Sundials Fred Sawyer 35; An Offer Of Assistance From E.C. Middleton Fred Sawyer 36; Horizontal Layout #10 Alessandro Gunella 39; The Tove's Nest 40; Love And The Sundial. Duet. Thomas Moore (1829) cover.



The COMPENDIUM vol 20-4 december 2013 (sur CD) de la **NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY**

Sundials for Starters – The Analemma Robert L. Kellogg 1; New Method Of Setting Sundials Time's Telescope (1824) 4; The Obelisk Of Augustus – Part II Paolo Albèri-Auber 5; Sundials From Toroids Stephen Luecking 16; Some New Bifilar Sundials Bernard Rouxel 21; Sundial Hunting Montgomery/McDavid 25; Digital Bonus 26; A Particular Kind Of Altitude Dial Alessandro Gunella 27; Inscription For A Sun-Dial W.C. Harvey (1819) 29; Conical Sundial Of The Archaeological Museum of Athens Panou, Theodossiou et al. 30;

Holbein's Clock Salt Fred Sawyer 38; The Tove's Nest 40; A Solargraph – October 24 2012 Art Paque cover.



The COMPENDIUM vol 21-1 mars 2014 (sur CD) de la **NORTH AMERICAN SUNDIAL SOCIETY**

Sundials for Starters - Concrete Ideas Robert L, Kellogg 1; Book Notices...Fred Sawyer 4 ; A Beautiful Spiral Dial In Quebec Andié E. Bouchard 5 ; New Method Of Setting Sundials - An Improvement Rolf Wieland 12 ; A Shepherd's Azimuth Dial Frank B. Herty 15 ; Deducing The Equation Of Time Thomas R. Hughes. Jr. 21 ; Some Generalized Analemmatic Sundials Bernard Rouxel 32 ; Solar Sculpture Sighting... Near The Oakland Airport Thomas R. Hughes. Jr. 35 ; Build A Vertical Declining Dial Alessandro Gunella 37 ; Saint Hildevert In England Fred Sawyer 39 ; Digital Bonuses 40 ; The Tove's Nest 40.



SCAPPE N° 9 Estiu-Verano 2013 (sur papier) du **Centre Mediterrani del Rellotge de Sol CMRS**

Com es pot fer un rellotge de sol en una paret de la forma més sencilla 4-5 ; Como hacer un reloj de sol en una pared con la técnica del esgrafiado 6-7 ; Com fer un rellotge de sol en una paret amb la tècnica de l'esgrafiàt 8-9 ; Carta en recuerdo del amigo 10-11 ; El rellotge de sol del Kilimanjaro 12-13 ; La casa, l'entorn i el rellotge de sol 14-19 ; Lemes o llegendes dels rellotges 20-21 ; Els rellotges de sol ornamentals de gran format 22-23 ; Coleccio de maquetes 24-27 ; Els papers d'en Salichs 28-29 ; Viatges, trobades i

conferències 30-31.



Zonnetijdingen 2013 (sur papier) de la Zonnewijzerkring Vlaanderen VZW

N° 67 : Voorwoord ; Zonnewijzers in Mechelen ; Kathedralen en middaglijnen (deel 2) ; Dubbele noordwijzer in mozaïek ; “Het Zonnewijzerken in Papier” (deel 2) ; Een stenen ringzonnewijzer ; “Tweevoudigh onderwys van de Hemelsche en Aerdsche globen” ; Kringleven.

N° 68 : Voorwoord ; Een zonnewijzer op de binnenkant van een cilinder ; De zonnewijzer van Humbeek en professor ; Willem Le Page ; De zonnewijzer van het kasteel de Renesse ; Kathedralen en middaglijnen (deel 3) ; Bevindt de oudste zonnewijzer van Vlaanderen zieh in Nederland? ; Kringleven.



Zonnetijdingen 2014 (sur papier) de la Zonnewijzerkring Vlaanderen VZW

N° 69 : Voorwoord ; Zonnewijzers voor revolutionnaire uren (deele 1) ; het stroomschema voor de programmering van de nachtzonnewijzer in Humbeek ; de restauratie van de zonnewijzer van het kasteel de Reennesse ; Kathedralen en middaglijnen (deel 4) ; “Tweevoudigh onderwys van de Hemelsche en Aerdsche globen” ; Kringleven.



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.)

*Cadran
Info*

◦ Articles à paraître dans le prochain *Cadran Info*

Prévus pour le numéro d'octobre 2014 :

- Cadrans solaires en forme de calice (surface de révolution) par D. Collin.
- Notes sur les bifilaires inclinés déclinants (sous réserve) par D. Collin.
- Le dipléidoscope (sous réserve) par D. Collin.
- Le cadran portatif de Barton (sous réserve) par E.Daled
- Les diptyques en ivoire et à cadran azimutal magnétique, de Dieppe (seconde moitié du XVII^{ème} siècle) : essai de synthèse par E. Mercier
- Les analemématiques circulaires de foster Lambert par J. Pakhomoff
- Heures italiques et babyloniennes par J. Pakhomoff
- Hiéroglyphes et cadrans solaires égyptiens par J. Scordia



à vos plumes

Informations arrêtées le 6 avril 2014





Photo de photo Mathieu Ducros

Cadran solaire de l'INES (Savoie Technolac)