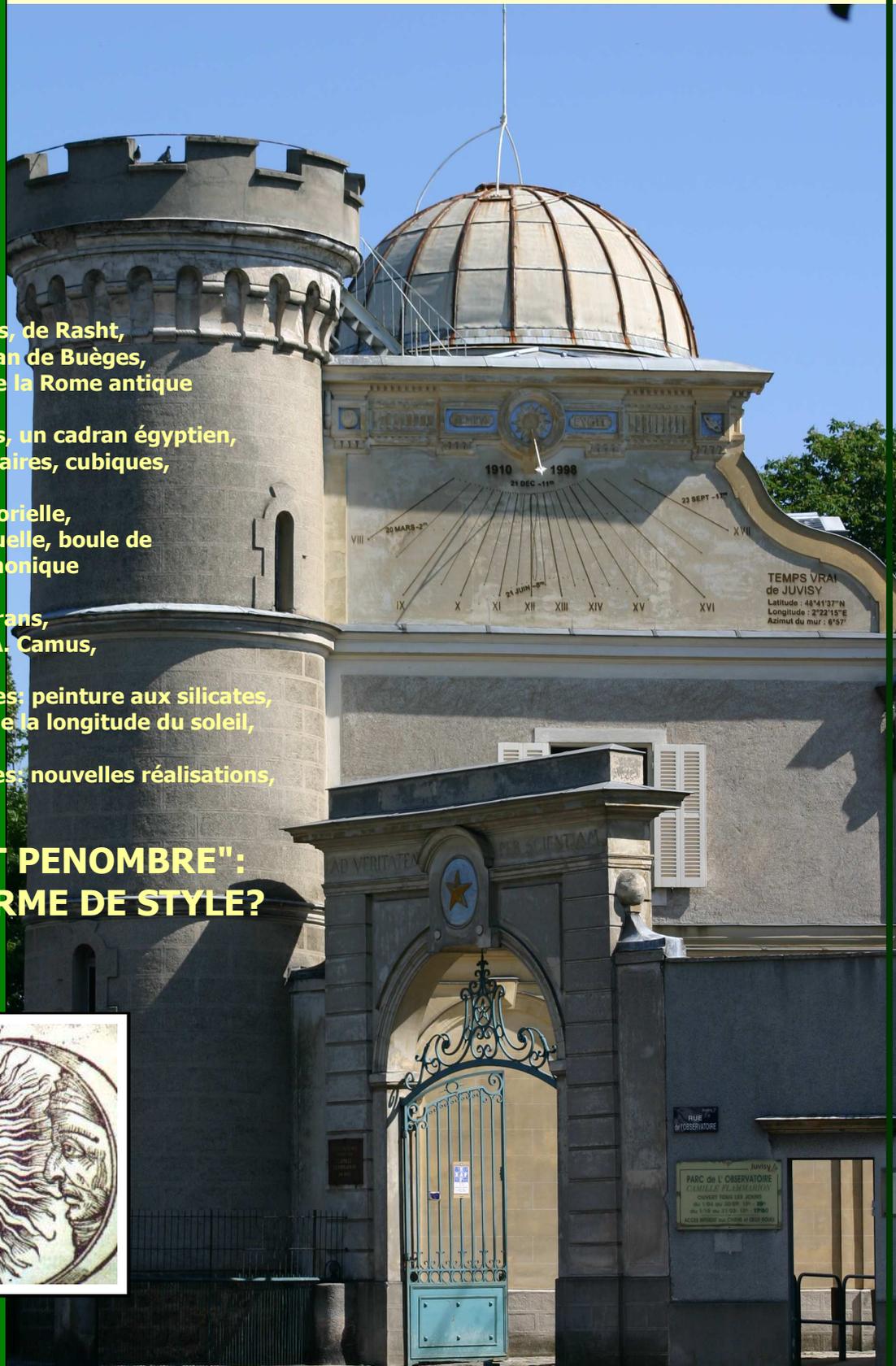
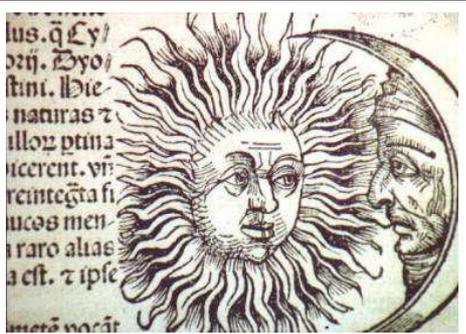


Au sommaire :

- Présentations:
des cadrans de Troyes, de Rasht,
de Lobard, de St Jean de Buèges,
les instruments de la Rome antique
- Les cadrans bifilaires, un cadran égyptien,
cadrans à plans horaires, cubiques,
- La gnomonique vectorielle,
la gnomonique virtuelle, boule de
pétanque et gnomonique
- Restauration de cadrans,
les courbes en 8 d'A. Camus,
- Faites les vous-mêmes: peinture aux silicates,
cadran de mesure de la longitude du soleil,
- Informations diverses: nouvelles réalisations,

et "OMBRE ET PENOMBRE":
QUELLE FORME DE STYLE?





Cadrans cubiques de Joël Robic



Sommaire du N°16

<u>La gnomonique vectorielle</u>		Antonio de Vicente Candeira <i>présentation de Dominique Collin</i>	4
<u>Présentation animation 3D "Cadrans éclipitiques" de Jaïpur</u>		Baillet Gérard	5
<u>Cadrans bifilaires de 1923 à 2007</u>		Collin Dominique	6
<u>Cadran égyptien</u>		Dallet Pierre-Joseph	11
<u>L'ombre et la pénombre</u>		Gianni Ferrari, <i>traduction G. Ferrari et A. Gotteland</i>	14
<u>Instruments solaires de la Rome antique</u>		Gotteland Andrée	43
<u>Cadrans solaires de Troyes</u>		Garino Claude	53
<u>Courbe en 8 de G. Camus</u>		Goude Jacques	61
<u>Cadrans solaires à Rasht en Iran</u>		Kriegler R, <i>traduction F. Pineau</i>	68
<u>Gnomonique virtuelle</u>		Luigi M. Ghia et Tonino Tasselli	71
<u>Restauration de cadrans</u>		Morra Lucio Maria	80
<u>Cadran horizontal plans horaires</u>		Maes Frans W, <i>traduction de E. Daled</i>	88
<u>Cadrans solaires de Liobard</u>		Mazzoti Toni	93
<u>Pétanque et gnomonique</u>		Rouxel Bernard	94
<u>Cadrans cubes</u>		Robic Joël	97
<u>Cadran de St Jean de Buèges</u>		Schneider Denis	100
<u>Faites les vous mêmes</u>		Theubet J	102
<u>Mesure de la longitude</u>		Vercasson Michel	106
<u>Informations diverses</u> Nouveaux cadrans, restaurations, livres et revues...			108
<u>Sociétés gnomoniques du monde</u>			113

Version sur CDrom:

Cliquer sur [le titre \(souligné\)](#) de l'article pour ouvrir celui-ci (lien hypertexte)



Indique que l'étude détaillée ou le logiciel est inclus dans le dossier "annexe"

Couverture de "Cadran Info"

Cadran solaire de la SAF ornant l'entrée de l'observatoire de Camille Flammarion à Juvisy (Essonne)
Caractéristiques du cadran: vertical méridional déclinant (6°57'), latitude 48°41'37" N, longitude 4°22'15" E.
Date de construction: 1910, restauration en 1998.

Photo P. Gojat

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" et "Observations & travaux" qui présentent épisodiquement des sujets concernant les cadrans solaires.

CADRAN-INFO est une formule simple et flexible qui regroupe la majorité des présentations faites lors de nos 2 réunions annuelles ainsi que des articles reçus en cours d'année.

CADRAN-INFO est devenu au cours des années UNE référence d'études, de techniques, de méthodes pour certaines totalement inédites. La liste de l'ensemble des items traités et classés par ordre alphabétique est disponible sur demande.

CADRAN-INFO paraît en Mai et en Octobre. Il est vendu lors des deux commissions ou adressé sur demande (participation aux frais) sous forme: papier (tirage N&B ou en couleurs) et CD (les N°1 à 5 sont des scannes des tirages papier).

A partir de **CI** N°11, les logiciels ou certains documents numériques sont mis à disposition dans la version CDRom.

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

Ph. Sauvageot

Vice-Président de la Commission des cadrans Solaires

Remarques:

- ◆ Les articles sont présentés par ordre alphabétique des auteurs (ou en fonction de la composition du bulletin). Le contenu est sous leur responsabilité.
- ◆ Les articles¹ sont à envoyer à Ph. Sauvageot (directement à son domicile) sur disquette/CDrom PC (logiciel Word, Excel, Access) éventuellement sur papier. Certains sujets pourront être repris dans une parution ultérieure de "L'Astronomie" ou "Observations & Travaux".
- ◆ Les personnes qui souhaiteraient que leurs articles soient réservés exclusivement aux revues "L'Astronomie" ou "Observations & Travaux" devront le préciser dans leur envoi.
- ◆ 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 aux auteurs après publication.

Pour tout renseignement:

Ph. SAUVAGEOT 7, rue de Gloriette 91640 Vaugrigneuse: sauvageotph@wanadoo.fr
Ou au secrétariat de la SAF, 3 rue Beethoven 75016 PARIS

Aucun caractère publicitaire dans les informations données dans le bulletin

¹ Police: Times New Roman, taille: 12, marges: 2,5

- Format de fichier de sortie : PDF, PS
- Pour la création du document, génération automatique : d'une table des matières, d'une table des figures, de chapitres, d'une numérotation des sections et sous-sections etc, d'une pagination et d'une numérotation des équations, des figures... (génération et gestion).

Cela explique les différences que l'on peut trouver par rapport à l'original, l'ajout de numéro de sous-section en certains endroits qui ont été nécessaires afin de renforcer la cohérence du texte (à ce qu'il me semble...)

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:

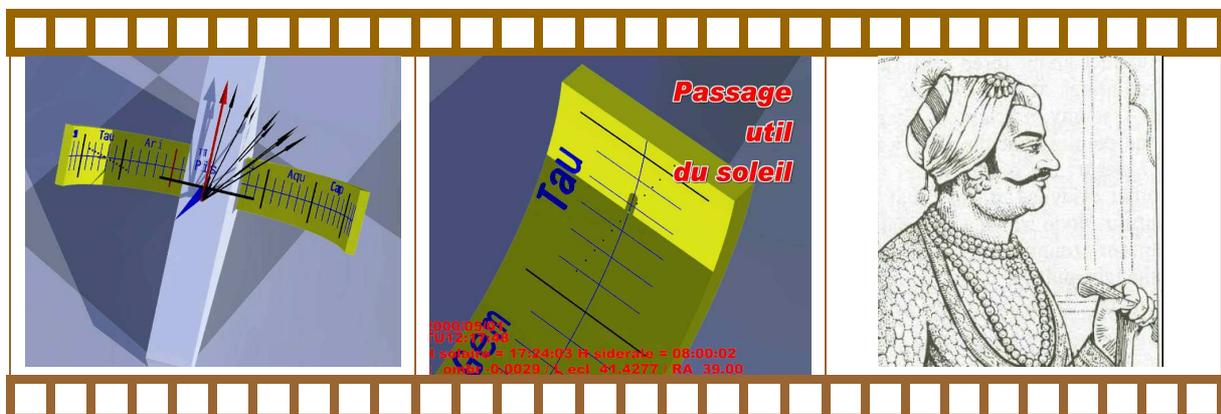
L'étude complète d'Antonio de Vicente Candeira qui a accepté de mettre à disposition de tous ses travaux et recherches. Y sont inclus de nombreuses figures et schémas qui facilitent la lecture mathématique et la compréhension des équations.

Cadran éclipse de Jaipur ...

Pour compléter l'étude parue dans Cadran Info n° 15 de Gérard Baillet et de Denis Savoie sur les cadrans solaires éclipse de l'observatoire de Jaipur en Inde:

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:

Un film d'animation en 3D de 5minutes réalisé par G. Baillet, simulant les différentes mesures possibles pour définir la longitude du soleil sur l'éclipse.



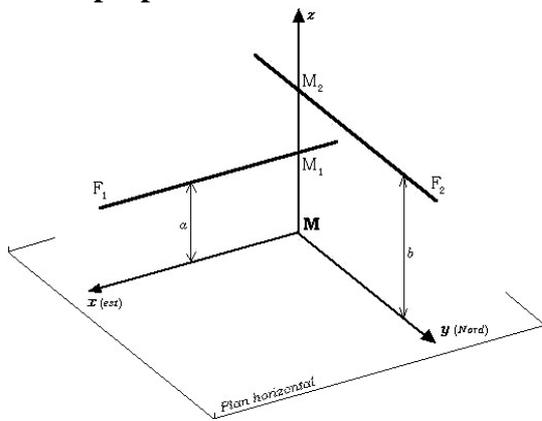


Cadran bifilaires (1923 à 2007)

Par Dominique Collin

Le cadran bifilaire a été inventé par un allemand, Hugo Michnik, professeur de mathématiques au Kolegium Gymnasium à Beuthen, en haute Silésie, actuellement Bytom en Pologne. La publication de l'étude est parue en 1923, dans la célèbre revue Astronomische Nachrichten, vol. 217, n°5190.

Les propriétés du bifilaire de Michnik peuvent se résumer ainsi:



▲ Le système bifilaire de Michnik

Le cadran est horizontal et il possède 2 fils, désignés conventionnellement sous le terme « système bifilaire ». Ils répondent à 3 critères : parallèles au plan du cadran, rectilignes, orienté pour l'un dans la direction est-ouest et pour l'autre dans la direction nord-sud. Ils sont donc à angle droit.

L'ajustement du rapport des hauteurs des fils permet de déplacer (transporter) le cadran bifilaire en un autre endroit sans toucher au graphique. Il existe un rapport particulier entre les hauteurs des fils permettant de tracer des lignes horaires homogènes (lignes espacées de 15° chacune).

Lorsque les lignes sont équiangulaires, une simple rotation du cadran horizontal permet de l'ajuster pour un lieu et une date donnée

Les bifilaires permettent de tracer : des lignes horaires de temps vrai, de temps moyen, des arcs diurnes (coniques), des lignes horaires temporaires, des lignes horaires sidérales, des lignes horaires Babyloniennes et Italiques, des courbes de hauteur et d'azimut

Les études menées sur le bifilaire de Michnik par D. COLLIN de 1995 à 2006.

Une traduction en français a été effectuée en 1995 par Claude Ségard. Celle-ci a été révisée et annotée puis publiée dans Cadran-Info, bulletin de la CCS.

Première étude

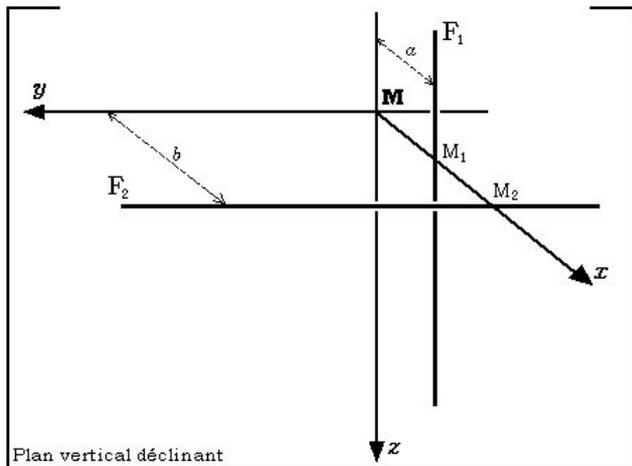
- Bifilaire vertical déclinant

Il s'agit de l'étude du même type de bifilaire (c'est-à-dire avec le même système bifilaire), mais appliquée à un plan vertical déclinant. L'article a été publié dans le JRASC (Journal of the Royal Astronomical Society of Canada) en juin 2000, puis dans The Compendium du NASS (North American Sundial Society), et dans Cadran-Info.

Le système bifilaire devient : un fil vertical, un fil horizontal, un fil dans des plans parallèles au cadran. Les fils sont rectilignes et orthogonaux entre eux.

Les particularités sont : pas de lignes horaires homogènes, pas d'ajustement des hauteurs des fils pour un transport en un autre lieu. Tous les types de tracés restent possibles (lignes

horaires etc). A noter que les *courbes de hauteur sont indépendantes de la déclinaison gnomonique du plan vertical !!!!*



▲ Système bifilaire de Michnik appliqué à un plan vertical déclinant

Particularité analytique : Les coordonnées du point d'ombre sont indépendantes l'une de l'autre en ce sens qu'elles sont proportionnelles respectivement à la hauteur du fil sur le plan du cadran.

$$\begin{aligned} x &= a \cdot f(\phi, Az, h) && \text{fil 1} \\ y &= b \cdot g(\phi, Az, h) && \text{fil 2} \end{aligned}$$

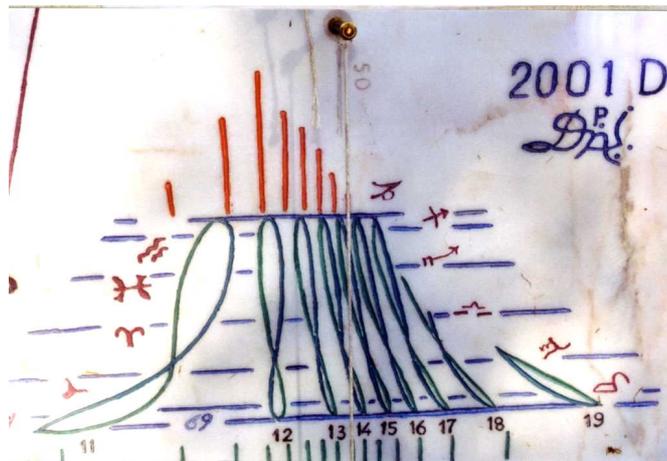
(ϕ = latitude , Az = Azimut du soleil, h = hauteur du soleil)

Chaque fil est donc responsable d'une coordonnée et d'une seule du point d'ombre, ce qui n'est pas le cas d'un gnomon classique (droit ou polaire).

Cette étude a permis à M. Dallet de donner naissance à un nouveau type de cadran, le cadran unifilaire de type "cadran volcan" (1 fil vertical seulement)

La seule contrainte est de connaître la date pour lire l'heure. Ce sont les lignes horizontales en bleu

Réalisation M.Dallet d'après l'étude générale publiée dans le JRASC ▶

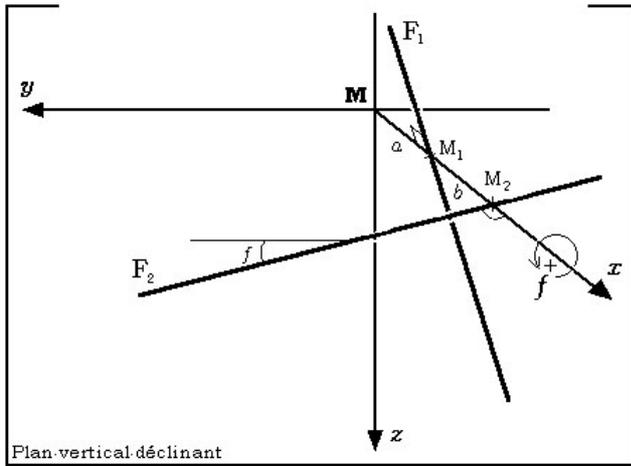


Deuxième étude (I)

Elle consistait à modifier le système bifilaire, à savoir: fils rectilignes, fils toujours à angle droit mais rotation libre et en blocs des fils. Les Propriétés deviennent: lignes horaires homogènes pour une seule configuration possible du système bifilaire (un fil au-dessus de la sous stylaire, le deuxième au-dessus de l'équinoxiale - travaux de M. D. Savoie). Il n'y a pas eu de publication de cette deuxième étude puisqu'il a été trouvé une solution plus générale encore...

Deuxième étude (II)

Il s'agit de l'extension générale du bifilaire au plan vertical déclinant.

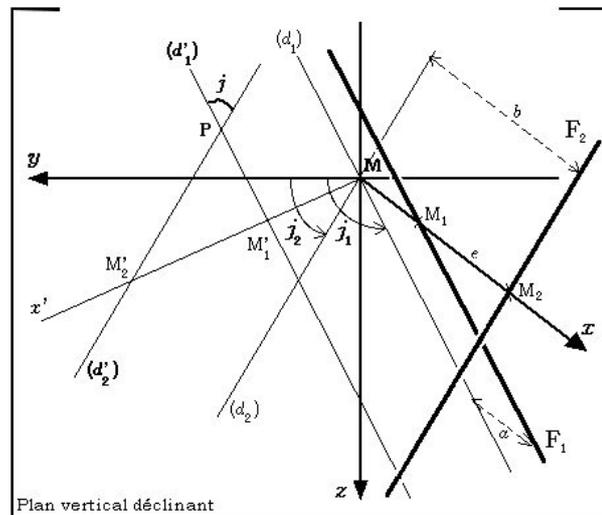
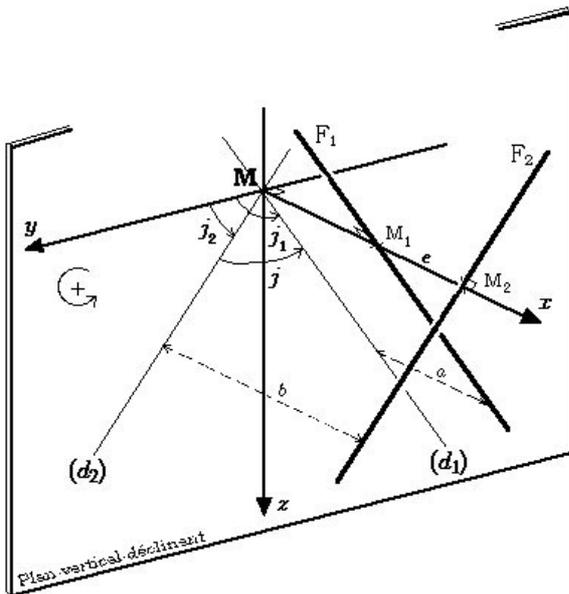


▲ Deuxième étude I: Rotation en bloc du système bifilaire de Michnik
f est l'angle de rotation des fils

L'inclinaison de la ligne de midi est réglable en fonction de la position des fils (la ligne de midi peut être verticale ou horizontale!); l'inclinaison de l'équinoxiale est réglable en fonction de la position des fils (l'équinoxiale peut être verticale ou horizontale!); l'inclinaison de la ligne d'horizon est réglable en fonction de la position des fils !

Dans ce cas les modifications du système bifilaire sont plus importantes: les fils sont toujours rectilignes dans des plans parallèles au cadran, ils font un angle quelconque entre eux. La rotation est libre et indépendante de chacun des fils.

Les Propriétés notoires de ce bifilaire sont : lignes horaires homogènes possibles / 2 critères généraux portant sur la hauteur des fils et sur l'écart angulaire entre les fils (appelés critère métrique et critère angulaire); tout type de lignes horaires etc, les arcs diurnes sont toujours des coniques...



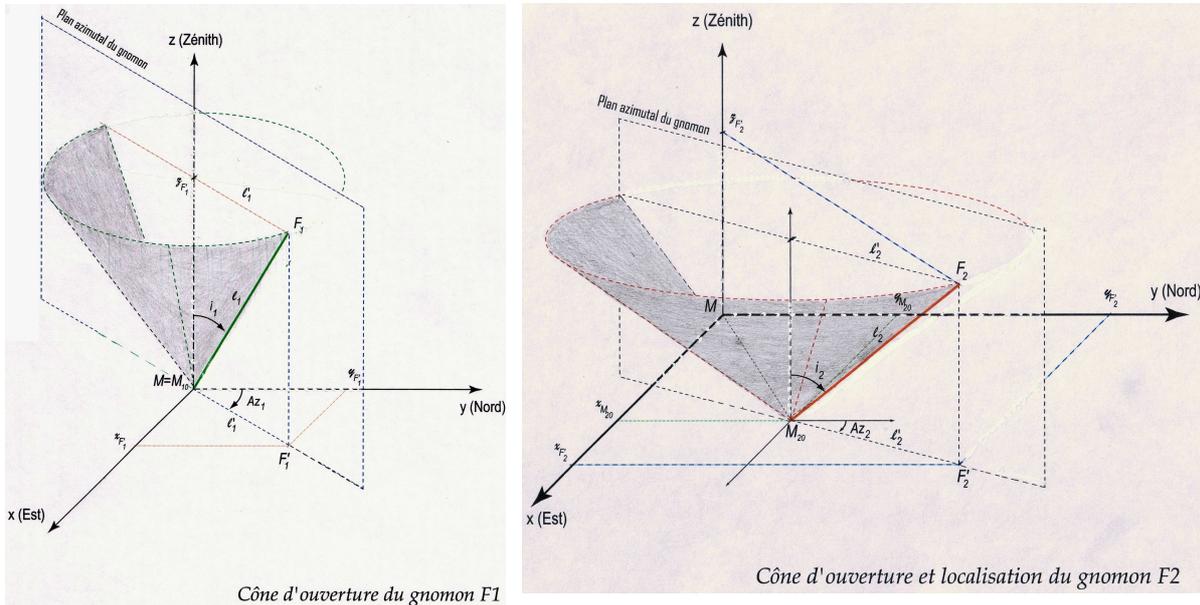
Système bifilaire généralisé.

Cette deuxième étude d'extension générale au bifilaire vertical déclinant a été publiée dans : Observations & Travaux, n°55 ; déc.2003 de la SAF et en soumission et traduction pour le NASS

Troisième étude

Elle porte sur un cadran bifilaire généralisé quelconque qui est de fait un nouveau type de cadran solaire. Le système bifilaire se compose de fils rectilignes dans des plans azimutaux verticaux

distincts et inclinés par rapport à la normale au plan du cadran. Les types de plan sont: horizontal, vertical déclinant (portage en cours de rédaction)



Système bifilaire généralisé: Gnomons libres placés dans des plans azimutaux

Les Propriétés de ce bifilaire sont: lignes horaires homogènes inexistantes, tout type de lignes horaires possibles... Les lignes horaires sont des droites et peuvent être des arcs de parabole... les arcs diurnes sont des courbes algébriques du 4ème degré (équations très complexes), et dans certaines configurations sont des sections coniques. Le nombre de combinaisons particulièrement élevées de position des gnomons donne des graphiques totalement différents. A remarquer que si les fils se coupent au-dessus du plan horizontal, on retrouve le cadran horizontal classique, ce qui a permis de valider le formulaire proposé.

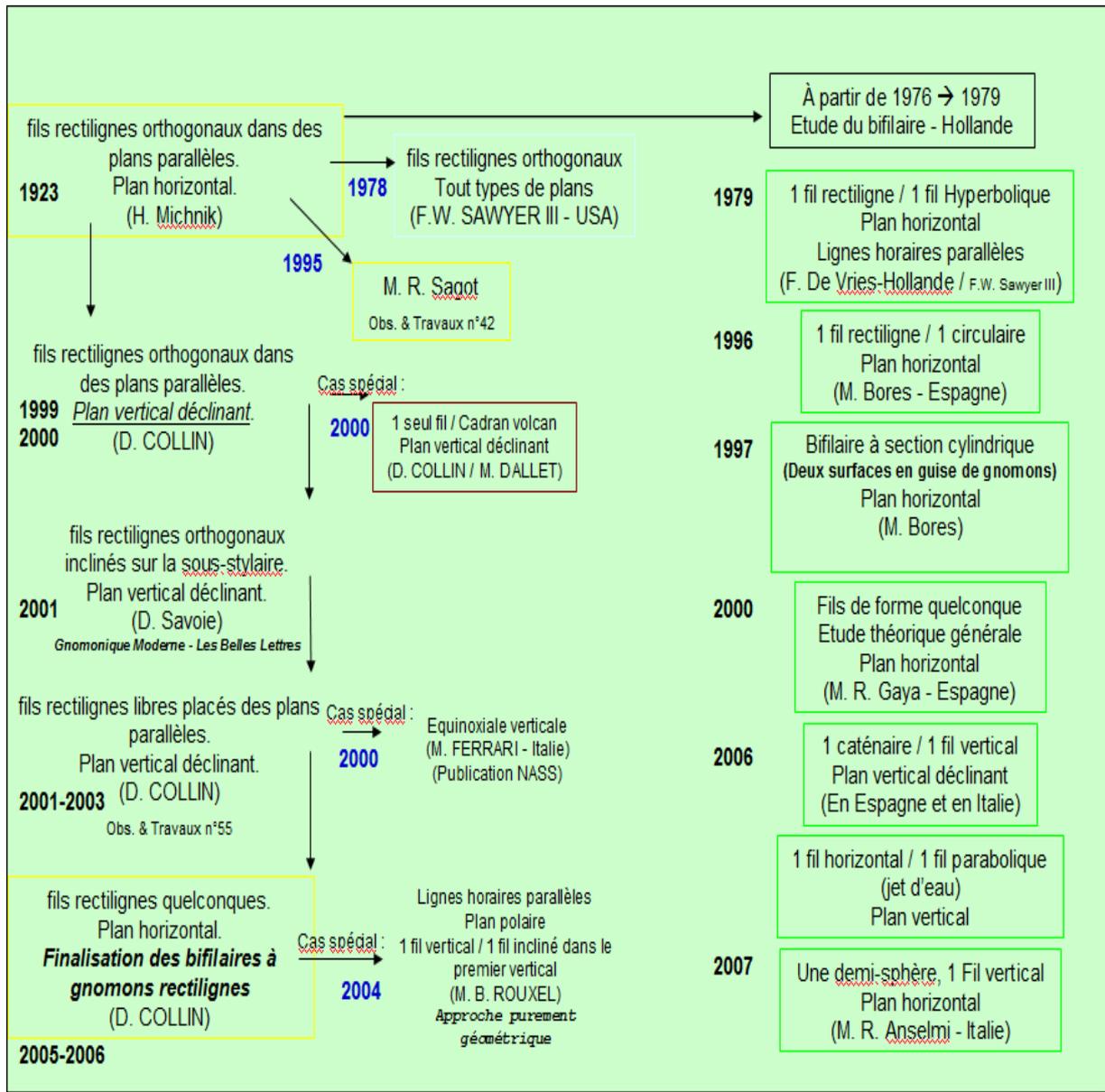
L'obtention de lignes horaires parallèles est possible (cadran bifilaire de M. Rouxel) pour un plan polaire, 1 fil vertical, 1 fil incliné placé dans le plan est-ouest.

Ce qui a été réalisé à ce jour, ce sont : quelques tracés sous [POVRAY](#) en collaboration avec M. Baillet et un début d'animation video. Une communication avec M. Rouxel... Une programmation de ce type de cadran sous [GEOPLAN](#), (logiciel de géométrie dynamique utilisé dans l'enseignement scolaire et présenté lors d'une réunion annuelle de la CCS). La construction d'un fichier Excel (mais abandonné au profit de GEOPLAN). La seule construction connue de ce type de cadran est celle de M. Rouxel.

Une longue étude a été publiée dans cadran Info n° 13. Enfin ces travaux ont été présentés dans Cadran Info n°15 et l'intégralité diffusée dans la version sous CDrom.

Si le sujet a déjà été particulièrement exploité, il est en cours d'étude (non officielle) et pour le plaisir: un bifilaire à fils coniques avec pour le "fun" l'hypothèse à deux fils paraboliques et celle à un fil rectiligne, un deuxième parabolique.

Essai d'une Synthèse sur les cadrans solaires bifilaires





Cadran égyptien

Par Pierre-Joseph Dallet

Ce texte est une étude du cadran vu en vitrine au Louvre lors de la visite de juin 2007.

Ce cadran se présente comme une règle coudée à angle droit qui repose sur la tranche, avec un fil de plomb permettant d'assurer sa parfaite horizontalité. De cette manière, les heures étaient indiquées par des longueurs d'ombre du style sur une échelle gravée sur la branche horizontale. D'après un texte du cénotaphe de Séthi Ier, on ne mesurait pas les deux premières ni les deux dernières heures de la journée, les ombres portées étant trop longues. Le cadran vu au Louvre n'est pas celui du cénotaphe de Séthi Ier (sauf erreur)

Ce texte soulève des hypothèses et des questions. Il ne solutionne pas avec certitude le principe ni le mode d'utilisation de ce cadran. Pour une meilleure approche il faudrait mesurer avec précision un grand nombre de cadrans de ce genre. Il est une idée d'étude, simplement.

Coordonnées estimées :

- Latitude d'utilisation : Louxor, en Egypte 25.42° N.
- Heure vraie de lever du Soleil, au solstice d'été : 5 h.13.5 m
- Heures égyptiennes estimées constantes de 15 °. Elles auraient pu être obtenues à partir d'une chandelle dont la longueur brûlée entre deux levers du Soleil est divisée en 24 parties égales. (Le nombre de divisions n'est pas obligatoirement 24).

- Style mesuré : 30 mm, longueur de la règle totale 230 mm

Mesures effectuées de loin, donc imprécises.

Calculons la dimension probable du style complet pour deux positions du cadran :

Heure babylonique	Hauteur h du Soleil calculée à Louxor	Segment mesuré Si le cadran est vertical a	Segment mesuré Si le cadran est horizontal b	Longueur du style si le cadran est vertical a/tan h	Longueur du style si le cadran est horizontal b*tan h
0	0°	0 mm	Infini	Inconnu	Infini
1	12.4°	15 mm	Inconnu	68 mm	
2	25.3°	28 mm	120 mm	59 mm	56 mm
3	38.5°	56 mm	80 mm	70 mm	64 mm
4	51.9°	80 mm	56 mm	63 mm	71 mm
5	65.3°	120 mm	28 mm	55 mm	61 mm
6	78.8°	(Absent)	15 mm		76 mm
Midi	87.7			Moyenne 63	Moyenne 66

En admettant que si le cadran est vertical le style complet est de 63mm et s'il est horizontal seulement de 66 mm nous obtenons le tableau suivant :

Heure babylonique	hauteur du Soleil	Segment sur vertical 63 *tan h	Segment sur horizontal 66/tan h
0	0°	0 mm	Infini
1	12.4°	13 mm	300 mm
2	25.3°	30 mm	139 mm
3	38.5°	50 mm	83 mm
4	51.9°	80 mm	52 mm

5	65.3°	136 mm	30 mm
6	78.8	318 mm	13 mm
midi	87.7°	infini	2.6 mm

Nous remarquons que les positions des droites d'heure sont approximativement les mêmes. Nous ne pouvons donc pas savoir avec des mesures aussi imprécises si le cadran était vertical, horizontal ou utilisable dans les deux positions à l'aide de deux têtes de styles.

Type d'heures

Remarquons bien qu'à l'époque de construction de ce cadran, ni l'heure temporaire romaine, ni l'heure vraie n'avaient été inventées. Sur un cadran de hauteur de ce genre, seuls les graphismes des heures italiques et babyloniennes ont approximativement la forme de droites horizontales. (Hors des périodes de variation)

Rappelons ce que sont ces heures :

Rappel de ce qu'est l'heure vraie :

Angle horaire du Soleil mesuré en « heure de 15° ». Dans ce système il est 12h lorsque le Soleil passe au SUD, dans notre hémisphère et avec réserves pour la zone intertropicale.

Rappel de ce qu'est l'heure temporaire romaine (ou biblique) :

Antérieure à l'invention du zéro. Le jour, intervalle qui sépare le lever du coucher du Soleil, est partagé en douze heures. La durée de ces heures de jour varie avec les saisons, elles sont longues en été, courtes en hiver. Les heures sont comptées à partir du lever du Soleil. La première heure est le premier douzième du jour.

Cette heure est estimée avoir été utilisée du I^{er} au VIII^e siècle de notre ère, dans l'empire romain d'où son nom " temporaire romaine "

Type d'heure adopté pour expliquer ce cadran :

Nous supposons donc que ce cadran indique la même heure que les cadrans à marches de la même époque. Ces cadrans sont réalisables en leur faisant indiquer l'heure babylonienne avant midi et l'heure italique après midi.

A partir de son lever le Soleil parcourt dans le ciel un arc de déclinaison. Cet arc forme avec l'horizon un angle qui est approximativement constant. Une heure après son lever, le Soleil est donc approximativement toujours sur une même ligne parallèle à l'horizon. De ces lignes sont tirées les lignes droites de ces heures. Ce cadran peut être conçu vertical, horizontal ou incliné.

Rappel de ce qu'est l'heure babylonienne :

Les heures sont comptées à partir du lever du Soleil, de 0 à 24. La durée de l'heure est égale au 24^e de la période séparant deux levers du Soleil.

Rappel de ce qu'est l'heure italique :

Les heures sont comptées à partir du coucher du Soleil, de 0 à 24. La durée de l'heure est égale au 24^e de la période séparant deux couchers du Soleil.

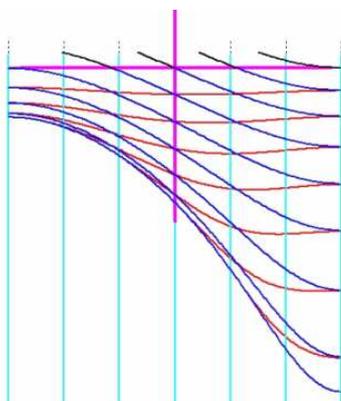


Figure 1

Exemple de tracé de graphisme d'un cadran de ce type, pour la latitude de Paris.

° Les lignes verticales vertes divisent la période solsticiale d'hiver / solstice d'été en 6 périodes égales : le calendrier zodiacal.

° En bleu les heures vraies de 4 à 12 h ou de 12 à 20h. Les courbes sont des sinusoïdes, pour savoir où lire l'heure les lignes de dates sont indispensables.

° En rouge les heures primitives. Ce sont approximativement des droites. Seule la dernière colonne de date (21 mai / 21 juillet) est nécessaire. Le cadran peut se réduire à cette partie du graphisme. Le zéro n'existant pas à

l'époque de conception de ce cadran la première heure est la période de 1 heure suivant le lever du Soleil. C'est l'angle horaire en heure de 15° ou d'une autre valeur qui sépare un horizon du Soleil.

Lecture des heures

° Une heure (angle horaire de 15°) après le lever l'ombre du style indique la première ligne. Deux heures après le lever l'ombre du style indique la deuxième ligne; etc. Après midi nous obtiendrions le nombre d'heures restant avant le coucher.

Ces heures sont probablement les ancêtres des heures babyloniennes et italiques, inexistantes (éliminées pour unification) dans l'Empire Romain. Des recherches archéologiques pourraient vérifier ou éliminer cette hypothèse.

Nous les nommerons « HEURES PRIMITIVES »

Remarque : Ce cadran peut être conçu vertical, horizontal ou incliné. Dans le cas incliné nous pouvons obtenir un cadran à marches, les marches étant approximativement égales.

Les branches des axes étant proportionnels aux styles voici les graphismes.

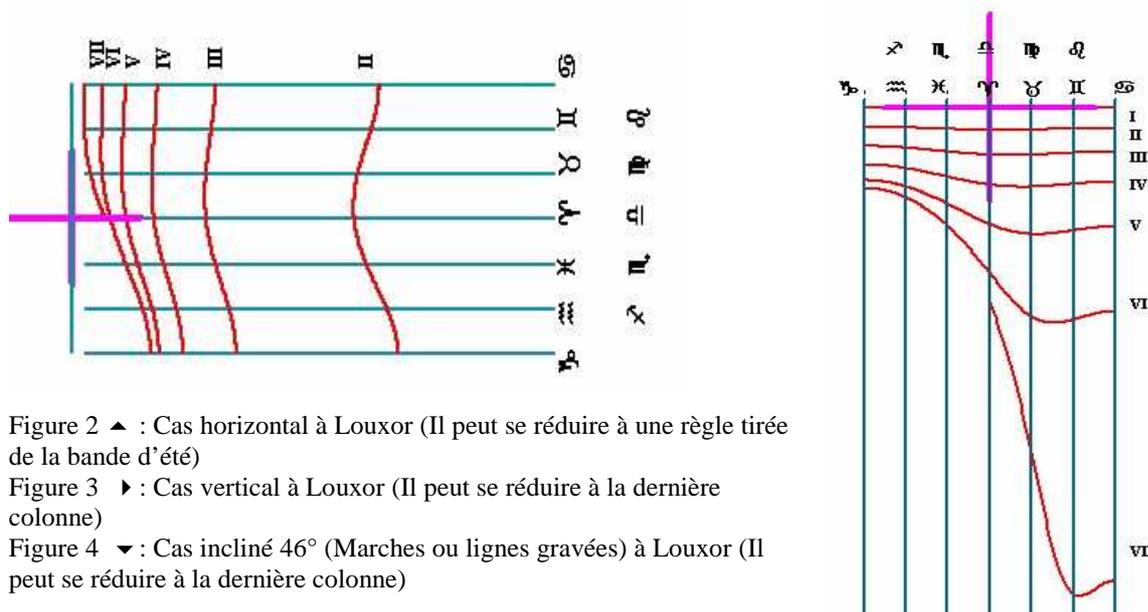
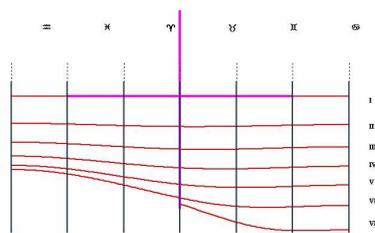


Figure 2 ▲ : Cas horizontal à Louxor (Il peut se réduire à une règle tirée de la bande d'été)

Figure 3 ► : Cas vertical à Louxor (Il peut se réduire à la dernière colonne)

Figure 4 ▼ : Cas incliné 46° (Marches ou lignes gravées) à Louxor (Il peut se réduire à la dernière colonne)



Des cadrans de conceptions différentes co-existaient. Ces cadrans pouvaient procurer des repères d'instant différents. De nombreuses pièces de musée ou illustrations, pas



toujours datées, existent, les cadrans ressemblent parfois à des cadrans canoniaux Lesquels était répandus ? Lesquels étaient de précieuses inventions? Le mystère est entier.

Sur la photo: Un cadran contemporain conçu pour la latitude 45,5°, procurant l'heure primitive. Il permet à son propriétaire, en été, en additionnant l'heure qu'il procure à celle d'une montre d'obtenir l'heure de coucher du Soleil.

DALLET, dimanche 17 juin 2007



Propriétés de l'ombre

Par Gianni Ferrari, traduction G. Ferrari et A. Gotteland

Est présenté ici le processus de formation de l'ombre et de la pénombre d'un objet, sa luminosité, les conditions nécessaires pour obtenir une ombre parfaitement nette et celles pour obtenir cet effet. Puis, sont examinés l'incidence de différents profils et dimensions de "style" ou de "gnomon" sur la qualité de l'ombre qu'ils projettent.

Cette étude a été présentée lors du XIV^{ème} Séminaire National de Gnomonique de Chianciano (SI) des 6,7,8 octobre 2006

Introduction

Si par une journée ensoleillée, nous regardons le sol sous un groupe d'arbres couverts de feuilles, nous pouvons voir des taches de lumière plus ou moins brillantes, plus ou moins grandes qui interrompent l'obscurité de la zone ombragée. Si nous observons plus attentivement ces taches nous pourrions voir que certaines d'entre elles ont une forme presque elliptique, que les plus lumineuses ont le bord plus net et les moins lumineuses ont un bord plus dégradé, moins définies.

Les taches de lumière sont produites par les rayons du Soleil qui traversent les petits trous du feuillage et que nous pouvons voir clairement comme des points brillants entre les feuilles en levant les yeux¹.

La cause de ce phénomène, connue par tous les gnomonistes, est le fait que le disque du Soleil présente un certain diamètre et que notre astre ne peut donc être assimilé à une source ponctuelle de lumière.

En raison de ce diamètre "fini" du disque solaire, l'ombre de tout objet est entourée par une bande de pénombre, plus ou moins accentuée et pour cela le contour d'une ombre produite par le Soleil n'est jamais net mais voilé, vague, de limite incertaine.

Un autre exemple qui nous montre l'effet de la dimension finie du disque solaire est l'ombre d'un bâton vertical qui se présente très obscure et bien définie près de son pied et devient, en s'éloignant de lui, moins lumineuse avec des contours nébuleux. Si nous regardons notre ombre, en particulier quand le Soleil est bas, nous verrons que nos chevilles sont bien dessinées, tandis que notre tête devient, non seulement plus petite mais aussi moins sombre.

Ombre et pénombre²

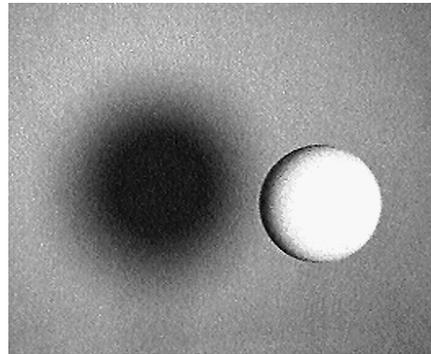
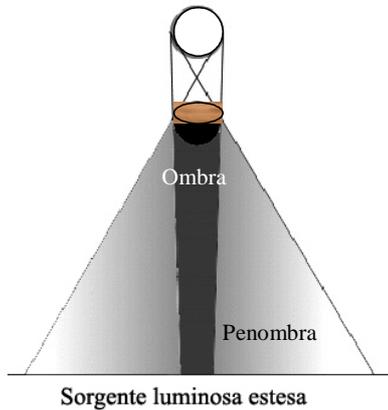
L'ombre d'un objet est le volume compris entre l'objet éclairé et une surface (écran) dans lequel il n'est pas possible de voir le Soleil. L'intersection de ce "volume d'ombre" avec une surface (écran) forme une tache bidimensionnelle communément appelée "ombre". Elle est formée par l'ensemble des points qui ne reçoivent pas les rayons du Soleil, c'est-à-dire des points à partir desquels nous ne pouvons pas voir le soleil si nous regardons vers lui.

¹ Si l'on mesure les axes (a, b) d'une tache lumineuse quasi-elliptique que nous voyons sur le terrain et si nous prenons Φ_r comme diamètre (en radiant) du Soleil: (1/107.5) et h sa hauteur par rapport à l'horizon, nous aurons alors $a = \Phi_r * L$ et $b = a / \sin(h) = a * L / H$ à partir desquels on peut facilement calculer la distance L du centre de la tache lumineuse au trou dans la ramure des arbres qui la produit et la hauteur H de ce trou. Cet exemple est repris dans [1] de la bibliographie.

² Dans le texte, je me réfère toujours à l'ombre produite par le Soleil, même si elle n'est pas spécifiquement indiquée.

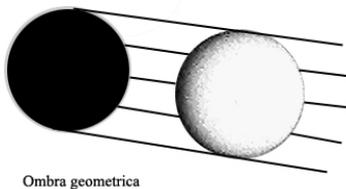
Au contraire, la pénombre est la zone qui ne reçoit que partiellement les rayons du Soleil. Elle est formée par l'ensemble des points à partir desquels il est possible de voir seulement une portion du disque du Soleil.

Quand nous nous éloignons du point central de l'ombre, nous observons une partie du toujours plus grande du soleil, "l'obscurité" de la pénombre diminue en conséquence.



Ombre géométrique

Dans certains cas, il est plus facile de considérer "l'ombre géométrique" définie comme l'ombre qui serait produite par un Soleil ponctuel, c'est-à-dire si son disque, sans diminuer en luminosité, se réduisait à son centre.



Ombre géométrique

L'ombre géométrique d'un objet a exactement la même forme que l'objet lui-même, s'il est regardé depuis la source lumineuse, (depuis le soleil). L'ombre dans ce cas a un contour net, privé de pénombre.

Par exemple, on peut considérer comme source presque ponctuelle, un petit miroir qui reflète les rayons solaires et ayant un diamètre d'une centaine de fois moindre que sa distance à l'objet illuminé. D'autres exemples de source ponctuelle sont les rayons réfléchis parfois par une fenêtre lointaine, ou par les parties chromées d'une voiture³.

Puisqu'il n'est pas possible de définir exactement où se termine l'ombre d'un objet, simplement par une définition ou un calcul, on utilise l'ombre géométrique comme limite, même si de cette façon, on "élargit" l'ombre vraie. Pour observer le "bord" de l'ombre géométrique, on peut utiliser un "videur d'ombre" ou "shadow sharpener"⁴.

Si le Soleil était une source ponctuelle, il n'y aurait jamais de pénombre et les choses seraient bien différentes. Par exemple, les traces lumineuses au sol, sous les arbres, seraient toutes de petites dimensions, elles auraient des formes toutes différentes et une grande luminosité. L'ombre d'un poteau aurait une largeur exactement égale au diamètre à celui-ci avec des bords nets et parallèles entre eux. Chaque objet, même petit, comme une mouche, une bande de moucherons ou un oiseau dans le ciel, donnerait sur le terrain une ombre nette et bien visible. Enfin une personne illuminée par le Soleil, sur laquelle les ombres du nez et des

³ Peut être considéré comme source ponctuelle, un miroir éloigné de l'objet illuminé d'environ 1070 fois son diamètre et qui montre un diamètre apparent (vu de l'objet) d'environ 1/10 de celui du Soleil. Exemple: un miroir de 3 cm de diamètre, placée à 32 mètres de distance.

⁴ Un Shadow Sharpener est un dispositif qui permet de visualiser l'ombre d'un objet lointain sans être perturbé par la pénombre. Le plus simple SS est constitué essentiellement d'un trou « stenopeico » qui projette l'image du Soleil et celle d'un objet placé entre le Soleil et l'observateur. [2]

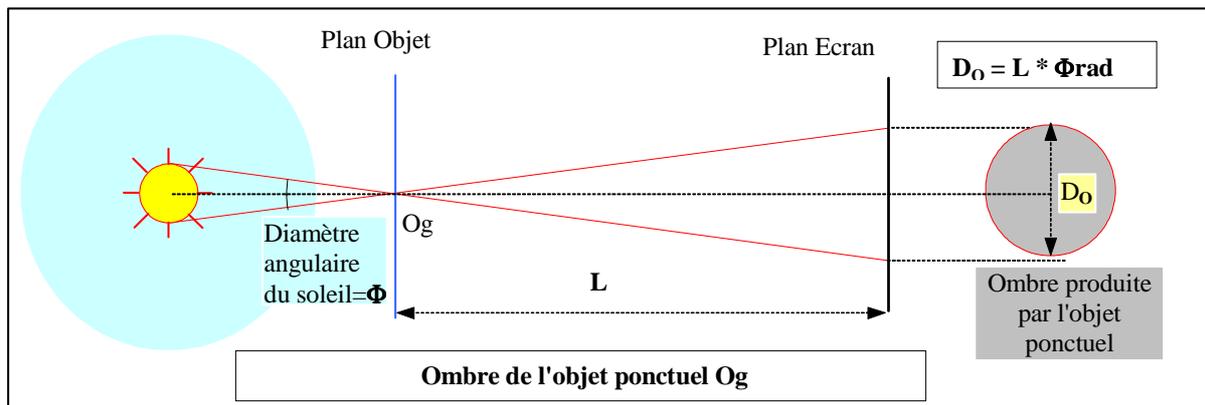
sourcils sont adoucies par la pénombre, aurait un aspect très “dur” avec des parties claires et de parties obscures, sans aucune perte d’intensité de lumière entre elles.

Comment se forme une ombre ?

L’étude de l’ombre d’un objet sur un mur, produite par le Soleil, est identique à l’étude de l’image produite par un trou illuminé par le Soleil. L’unique différence vient du fait que, dans le cas de l’ombre, on a une absence au lieu d’une présence de lumière.

Ombre d’un objet ponctuel

Considérons un objet de dimensions infinitésimales et pratiquement négligeables (un petit insecte par exemple) et un écran opaque situé à une distance L très grande et que par simplicité nous supposons perpendiculaire aux rayons provenant du centre du Soleil.



Les lois de l’optique géométrique permettent de construire facilement l’aspect de l’ombre produite sur l’écran par l’objet quand il est éclairé par le Soleil.

En théorie, l’ombre est en effet parfaitement circulaire et presque impossible à distinguer de la zone qui l’entoure et qui se trouve en plein Soleil. Cela est dû à la très petite quantité de lumière qui est “bloqué” par l’objet (nous pourrions dire, en utilisant une expression facilement compréhensible, que l’ombre aura une très petite “obscurité”)⁵.

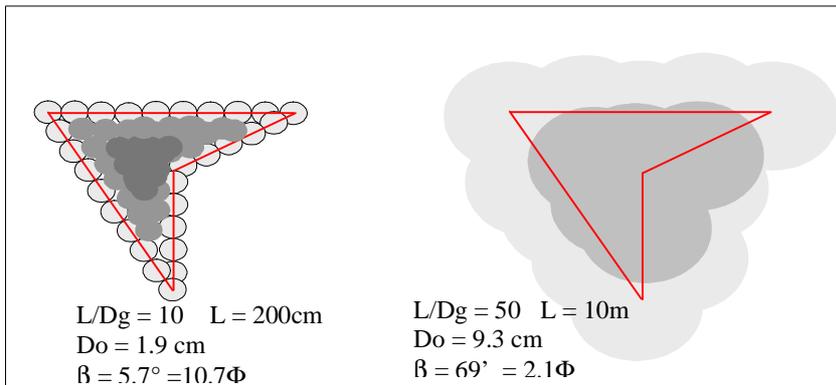
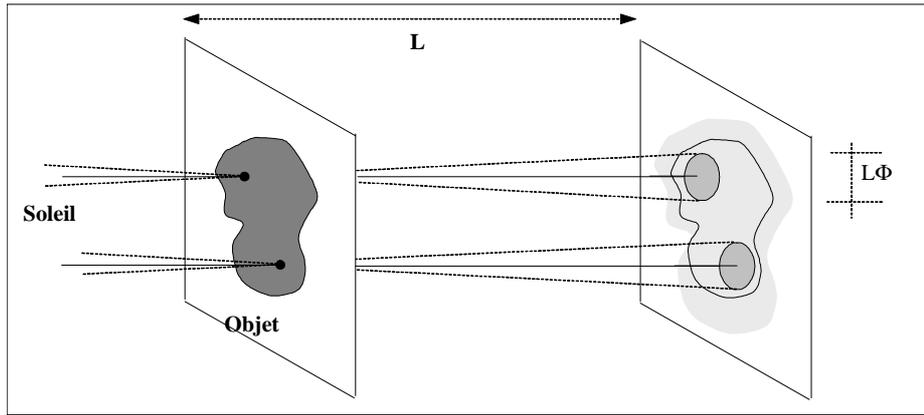
Le diamètre moyen du Soleil étant d’environ $32'$, c’est-à-dire : $\Phi = 1/107.5$ radiants⁶, le diamètre de l’ombre circulaire sera $Do = \Phi * L = L/107,5$ (1)

Ombre d’un objet de dimensions finies

Nous cherchons maintenant à déterminer l’aspect de l’ombre d’un objet de dimensions finies et de forme quelconque, en imaginant de le diviser en de nombreuses parties de très petites dimensions (“points”) et en trouvant l’ombre élémentaire produite par chacune d’elles. De la superposition de cette infinie “ombres élémentaires”, on obtient à la fin la forme et les caractéristiques de l’ombre de l’objet fini.

⁵ En réalité celle que nous avons appelée “ombre” est un disque complètement dans la “pénombre” puisqu’il n’existe aucun point chez elle depuis lequel on peut observer le disque du Soleil complètement obscurci.

⁶ La valeur 107.5, utilisée ici et dans beaucoup d’autres formules et d’exemples, est l’inverse du diamètre moyen du Soleil, exprimé en radiants et correspond à $32'$. C’est la valeur moyenne du diamètre du soleil durant l’année. Dans certains textes, pour des résultats purement indicatifs, cette constante fondamentale est donnée par la valeur : 100 ($34.4'$), commode pour la simplicité des calculs : 107 ($32.1'$), 108 ($31.8'$), 114-115 (environ $30'$). Cette simplification ne conduit pas à des erreurs importantes.

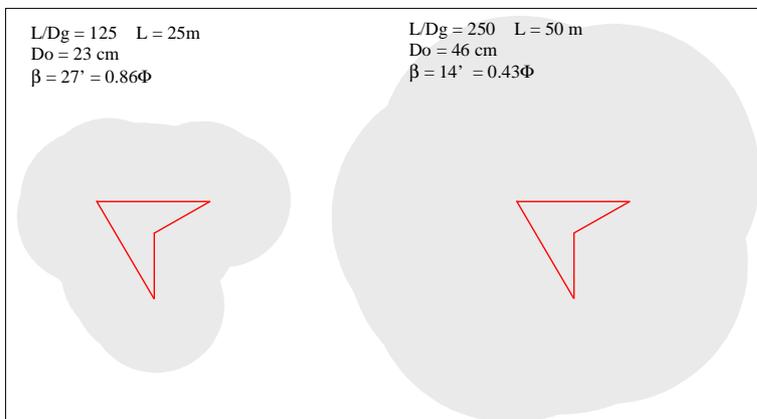


L'ombre d'un "point" quelconque de l'objet aura une forme parfaitement circulaire, nette et précise, d'une très basse "obscurité" (infinitésimale). Son centre se trouve dans le point du lequel le rayon lumineux passant par lui et par le centre du soleil rencontre l'écran.

Une seconde petite parcelle, ayant une position différente de la précédente, produira une nouvelle ombre, nette elle aussi, dont le "point" sera légèrement déplacé par rapport au premier; ainsi de suite...

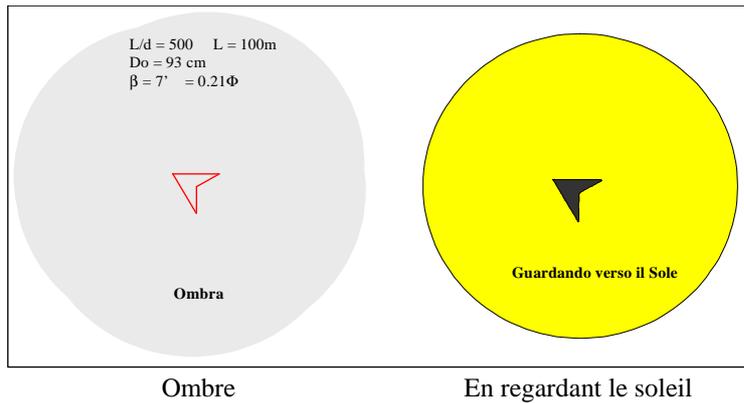
Si nous examinons seulement les petites zones qui se trouvent sur la périphérie de l'objet, on peut obtenir une approximation simplifiée et de bonne qualité de l'ombre donnant la forme d'ensemble de l'objet, même si nous n'avons pas d'information sur "l'obscurité" des différentes parties.

Dans les figures représentées, les ombres sont produites par un objet irrégulier en forme d'un oiseau stylisé, sur la base du rapport entre la distance "L" (entre l'objet et le mur), de la dimension principale "Dg" de l'objet même ou, ce qui est la même chose, à la croissance du diamètre "Do" de l'ombre d'un "point" par rapport aux dimensions de l'objet.



Les valeurs numériques dans les figures se réfèrent à une dimension principale de l'objet "Dg" d'environ 20 cm (la largeur de cette feuille ou de celle d'une colombe en vol). L'angle "β" est l'angle sous lequel l'objet est vu en regardant du centre de l'ombre. Quand cet angle devient inférieur au diamètre apparent du Soleil, cela signifie que l'objet ne "couvre" pas entièrement le dis-

que solaire et donc que la zone au centre de la tache (l'ombre) et en fait dans la pénombre car en partie illuminée directement par le soleil.



Dans les figures, les cercles élémentaires qui composent l'image représentent l'ombre d'un "point" de l'objet.

Un observateur mettant l'oeil sur l'écran verrait le disque du Soleil avec les dimensions d'un de ces cercles et l'objet avec les dimensions de la figure stylisée. L'angle $\beta = d/L$ est l'angle dont à l'intérieur qui se

voit le côté de la figure. Nous pouvons donc affirmer comme conclusion au niveau qualitatif, que:

- si la distance écran-objet est petite, l'ombre est bien définie et elle a la forme de l'objet.
- si cette distance augmente, (tout en restant inférieure à environ 100 fois la dimension de l'objet), l'ombre a une forme qui rappelle encore celle de l'objet, mais commence à être peu définie.
- quand enfin la distance écran-objet dépasse d'environ 200 ou 300 fois la dimension de l'objet, la tache d'ombre prend une forme qui s'approche toujours plus d'un cercle. Elle devient plus claire (peu obscure) et en s'éloignant encore, elle n'est pratiquement plus visible pour disparaître complètement.

Dimensions et illuminations de l'ombre-pénombre

Pour étudier quantitativement les caractéristiques de la tache obscure projetée sur un écran par un objet frappé par les rayons solaires et pour voir comment varient les dimensions de l'ombre et de la pénombre ainsi que le niveau "d'obscurité", il faut prendre en considération la luminosité de l'écran dans plusieurs parties de cette zone et dans la zone en plein Soleil.

Considérons seulement deux objets élémentaires mais importants en gnomonique: une sphère ou un disque circulaire normal aux rayons du soleil et une pointe cylindrique très allongée⁷.

Prenons:

- **L** : la distance entre l'objet et l'écran
- **Do** : le diamètre de l'ombre théorique produite par un point. La formule (1), nous donne :

$$Do = \Phi * L = L/107,5$$
- **Dg** : le diamètre de l'objet (diamètre de la sphère ou du disque ou du cylindre allongé). Ce diamètre, vu d'un point de l'ombre, a la valeur $Dg' = 3437,7 * (Dg / L)$ en minutes.
- **Jo** : la valeur de l'illumination due au Soleil sur un écran perpendiculaire aux rayons solaires. Cette grandeur varie beaucoup en fonction des saisons, de l'heure et de la latitude. Dans les calculs, on utilise la valeur de 100000 lux (lumen/mq) valable en été, à nos latitudes avec un ciel dégagé et le Soleil à une hauteur d'environ 60-70°. Pour un Soleil plus bas ou légèrement voilé on peut prendre la valeur: $J0 = 60000$ lux.
- **Jd** : l'illumination indirecte qui coïncide avec l'illumination des zones dans l'ombre (vraie). Jd provient principalement de la lumière diffusée par la partie libre du ciel, visible de la zone considérée de l'écran, par la lumière réfléchiée, par les nuages et par les parois d'éventuels édifices aux alentours, etc. Sa valeur peut varier. Tout dépend, de la voilure du ciel, de la situation atmosphérique du moment (nuages), de la présence de végétation qui empêche une

⁷ Comme expliqué à la fin de cette note, je suppose toujours que la superficie de l'écran a des caractéristiques de réflectivité isotrope.

vision directe d'une partie de la voûte céleste, soit enfin de la situation urbaine locale (parois et édifices environnants, caractéristiques de réflexion et couleurs des surfaces, etc.).

Les valeurs typiques sont: 15000-20000 lux environ⁸. A l'intérieur d'églises, les valeurs de J_d varient en général de 1/10 à 1/100 des valeurs de J_0 . Dans un local complètement obscur, on a évidemment $J_d = 0$.

Dans les exemples, on utilise toujours la valeur de 20000 lux.

- β : angle entre la perpendiculaire à l'écran et les rayons du Soleil
- f : fraction du disque solaire qui apparaît obscurci par l'objet en regardant vers le soleil à partir d'un point de la zone dans l'ombre/pénombre. Par définition, pour les zones en pleine ombre, on a $f = 1$, tandis que pour les zones en plein Soleil, gravé c'est évidemment $f = 0$.
- **Jom** : illumination des points dans la zone dans l'ombre, dont on ne voit aucune partie du disque solaire. On a : $J_{om} = J_d$.
- **Jpen** : Illumination des points de la zone en pénombre, d'où l'on voit la fraction "f" du disque solaire. On a:

si la superficie de l'écran est perpendiculaire aux rayons du Soleil :

$$J_{pen} = J_0 * (1 - f) + J_d \quad (2)$$

Dans le cas où les rayons sont inclinés par rapport au mur :

$$J_{pen} = J_0 * (1 - f) * \cos(\beta) + J_d \quad (3)$$

- **Js** : Illumination des points qui sont en plein Soleil : $J_s = J_0 * \cos(\beta) + J_d$ (3b)

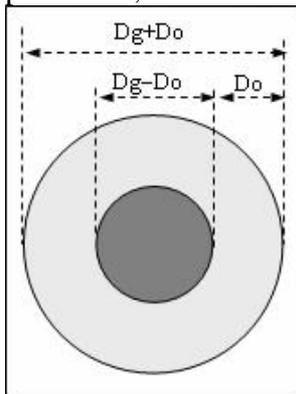
On peut distinguer quatre cas :

- a) La distance L est : $D_0 < D_g$, c'est-à-dire : $L < 107.5 * D_g$
- b) La distance L : $D_0 = D_g$, c'est-à-dire : $L = 107.5 * D_g$
- c) La distance L : $D_0 > D_g$, c'est-à-dire : $L > 107.5 * D_g$
- d) L est très grande

Dans les trois premiers cas, la zone obscure a une forme circulaire (cas de la sphère) ou allongée avec un diamètre/largeur total égale à $(D_g + D_0)$.

Dans le premier cas (a), on a une zone centrale d'ombre crue, depuis les points dont on voit l'objet qui recouvre entièrement le disque du Soleil qui a un diamètre de $D_g - D_0$.

Cette ombre est entourée par une bande de pénombre de largeur D_0 , dans laquelle la luminosité varie de J_d (zone dans l'ombre) à J_s (plein Soleil). Dans chaque point de la pénombre, la valeur de l'illumination peut être calculée avec la formule (3).



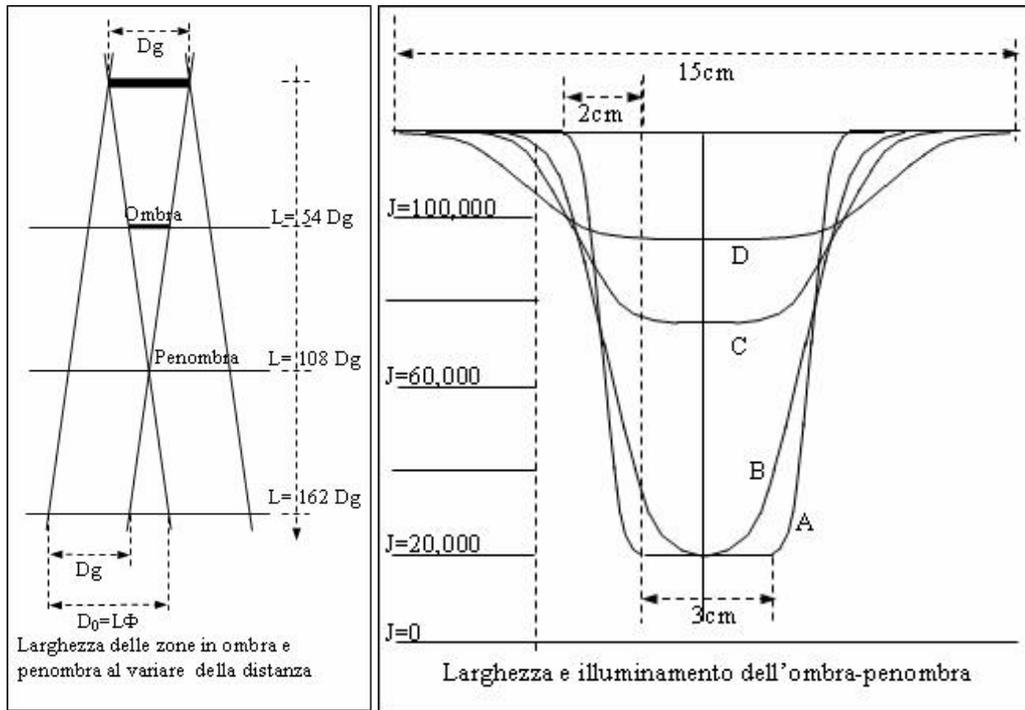
En éloignant l'écran, la zone dans l'ombre diminue, jusqu'à disparaître quand le diamètre apparent de l'objet devient égal à celui du Soleil ($L = 107,5 D_g$) (cas b).

En éloignant encore l'écran de l'objet la "tache" obscure produite n'est plus constituée que de pénombre. (cas c). La zone partiellement obscure augmente et présente une zone centrale de plus grande "obscurité", de diamètre $(D_0 - D_g)$, entourée par une bande de largeur D_g dont la luminosité augmente jusqu'à celle de la zone externe en plein Soleil.

Si enfin la distance augmente en dehors des valeurs précédentes (cas d), la luminosité de la zone ombragée devient comparable à celles des zones en plein Soleil qui l'entourent, avec la conséquence de ne plus être visibles.

⁸ En annexe-A, sont données des indications et des graphiques concernant les valeurs de : J_0 et de : J_d .

Dans l'illustration qui suit, il est représenté schématiquement la section des rayons solaires et les zones d'ombre et de pénombre. Pour clarifier le dessin, on a grandement exagéré l'angle : Φ



Largeur des zones d'ombre et pénombre en fonction de la distance

Largeur et luminosité de l'ombre et de la pénombre

Dans l'illustration ci-dessus à droite, les courbes d'illuminations sont représentées avec un disque de diamètre $D_g = 5\text{cm}$. Les valeurs relatives aux différents cas sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Cas	L - cm	$L=kD$ k	$D_0=L\cdot\Phi$	Diam. de l'ombre	Largeur bande pénom.	Zone centrale pénom.	Bande extérieure pénom.	Diam. totale tache	f % couverte	Illumin. zone centrale	Contrast
A	215	43	2.0	3	2	-	2	7.0	100	20000	0.83
B	540	108	5.0	0	5	-	5	10.0	100	20000	0.83
C	810	162	7.5	-	-	2.5	5	12.5	44.0	76000	0.37
D	1080	216	10.0	-	-	5	5	15.0	24.7	95000	0.21
E	2000	400	18.6	-	-	13.6	5	23.6	7.2	112800	0.06
F	3000	600	27.9	-	-	22.9	5	32.9	3.2	116800	0.27
G	3500	700	32.6	-	-	non visible	non visible	non visible	2.3	117600	0.02

Dans ce tableau on peut voir que lorsque l'ombre vraie disparaît (cas B et suivants), le contraste entre la zone centrale de la tache et la zone éclairée par le Soleil diminue radicalement. Pour une valeur de contraste de l'ordre de 0.02 la tache d'ombre-pénombre n'est plus distinguable, comme nous le verrons par la suite.

Les deux cas extrêmes.

En se limitant aux deux cas extrêmes, (A et G de la table), nous cherchons quelles sont les conditions pour avoir une ombre vraie, c'est-à-dire pour avoir une tache centrale la

plus obscure possible et pour avoir la visibilité du phénomène, c'est-à-dire pour arriver à la complète "disparition" de la tache entière.

Ceux-ci sont les deux cas extrêmes qui se présentent aussi en gnomonique où il est fondamental que l'ombre du style ou du gnomon qui indique l'heure sur le cadran solaire, soit bien visible par rapport à la zone qui l'entoure et où, dans certains cas, il faut connaître les limites de visibilité de l'ombre même, spécialement pour bien déterminer les dimensions des constituants du cadran. J'examinerai d'abord ce cas limite.

La fraction du disque solaire obscurcie "f".

Dans le cas d'objets de forme non allongée, on indique "Deq", ou simplement "Dg", le diamètre du cercle ayant la même superficie "Ag" de l'objet (diamètre équivalent). Nous avons tout de suite les relations : $A_g = \pi/4 \cdot D_{eq}^2$,

$$f = \left(\frac{D_g}{D_0}\right)^2 = \left(\frac{D_g}{\Phi \cdot L}\right)^2 = \left(\frac{D_g/L}{\Phi}\right)^2 = 11556 \cdot \left(\frac{D_g}{L}\right)^2 \quad (4)$$

Si nous connaissons le diamètre de l'objet en minutes d'arc, on a :

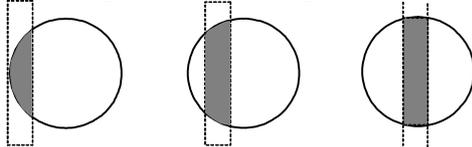
$$D_g' = 3437.75 \cdot \frac{D_g}{L} \text{ et donc } f = \left(\frac{D_g'}{32}\right)^2 \quad (5)$$

(32' étant le diamètre moyen du disque solaire).

Evidemment on a $f = 1$ quand le diamètre apparent de l'objet est égal à cette valeur ou, ce qui revient au même, quand : $L = 107.5$ fois D_g .

Par exemple, un disque de 2 cm de diamètre, vu de 5 mètres, couvre 18.5% de la superficie du Soleil et donc $f = 0.185$.

Si l'objet est un élément cylindrique avec une longueur beaucoup plus grande la fraction "f" du disque du Soleil qui devient obscure varie suivant la position de l'objet devant lui. On peut le voir simplement ci-dessous.



Du point central de l'ombre⁹, on a, si $D_g/L \ll \Phi$ c'est-à-dire si $\Phi < D_0$:

$$f = \frac{\Phi \cdot D_g / L}{\pi \cdot \Phi^2 / 4} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{D_g}{D_0} = 136.9 \cdot \frac{D_g}{L} \quad (6)$$

Cette relation pourrait avoir la valeur : $f = 1$ si $D_g/L = 0.79 \Phi$, tandis que la valeur correcte est $D_g/L = \Phi^{10}$. Par exemple la figure en forme d'oiseau schématisé du début de l'article est dans une aire de $0.2886 \cdot a^2$, a étant le côté de l'aire en question. Dans ce cas

$f = 7800 \cdot \left(\frac{a}{L}\right)^2$. Pour avoir : $f = 1$, il faut que : $a < L/88$

Le seuil de visibilité – Le contraste

L'impression subjective que nous donne un objet qui présente quelques zones d'intensités lumineuses différentes est fonction du flux d'énergie qui provient de ces zones et des propriétés physiologiques de notre système oeil-cerveau. En d'autres termes, la "sensation" que nous éprouvons en regardant un objet est fonction de la "stimulation",

⁹ Si le rapport : L/D_g est assez grand, la propriété vaut aussi si l'élément cylindrique n'est pas perpendiculaire aux rayons du Soleil.

¹⁰ La formule exacte, quand l'ombre est centrale, est la suivante :

$f = \frac{2}{\pi} \cdot (\alpha_{rad} + k \cdot \sqrt{1-k^2})$ con $\sin(\alpha_{rad}) = k$ e $k = D_g / D_0$. Par exemple $L=300$ cm et $D_g=1$ cm, on a : $D_0=2.791$, $k=0.3583$, $\alpha_{rad}=0.3665$ $f=0.446$. La formule approximative (6) donnerait : $f=0.456$

entendu comme "grandeur physique" mesurable qui agit sur nous, et de notre mode de fonctionnement physiologique.

Les études quantitatives du comportement de nos sens, par Weber et Fechner¹¹ vers 1860 montrent que la plus petite variation de l'intensité d'une sensation est provoquée par un changement de stimulation proportionnelle à la stimulation même. Pour faire simple, on peut écrire : $\Delta Se = \frac{\Delta St}{St}$ (7)

Si dans la formule (7), on remplace les différences finies par des valeurs infinitésimales, on a : $d(Se) = \frac{d(St)}{St}$ duquel, par intégration, devient $Se = C \cdot \log(St)$ (8) qui est appelée "Loi de Weber-Fechner"¹². La formule (7) perd sa validité pour des valeurs très basses ou très hautes d'illumination.

En ce qui concerne les ombres, la formule (7) montre que pour percevoir la variation de luminosité entre deux zones, le rapport entre cette différence et la luminosité maximum, c'est-à-dire $\Delta J/J$, doit être supérieur à une certaine valeur "de seuil".

Les théories de la vision et de nombreuses expériences donnent comme valeur "de seuil" chez l'individu moyen: $0.016 = 1.6\% = 1/60$ ¹³. A mon avis, en ce qui concerne les ombres pour les cadrans solaires, cette valeur est très optimiste et doit être augmentée du double. Dans les exemples, je prendrai toujours la valeur : $2.5\% = 1/40$.

Par exemple, si avec une luminosité de 100000 lux (en plein Soleil) un individu perçoit un changement appréciable quand il y a une variation de $2.5\% = 2500$ lux, le même individu réussira à voir une variation de seulement 25 lux si l'illumination maximum est de seulement 1000 lux (comme dans un bureau).

$$\text{Nous avons alors pour le contraste: } \textit{Contrasto} = V = \frac{J_{MAX} - J_{MIN}}{J_{MAX}} \quad (9)$$

Pour mesurer la différence de luminosité, c'est-à-dire la montée de la lumière réfléchiée par deux superficies adjacentes, il est utilisé la notion de "contraste", définie par Weber comme le rapport entre la différence des deux luminosités et celle maximum. Dans le cas des zones dans l'ombre et la pénombre, en supposant que la réflexion de la superficie isotrope est constante dans les deux zones¹⁴, on peut remplacer l'illumination par la luminosité.

Quand on lit un journal (ou cette page), le contraste est de l'ordre de 50-70%. Lire une impression grise sur du papier blanc ou une impression noire sur un papier gris est plus difficile parce que le contraste est moindre. Quand la zone plus obscure est complètement noire, la valeur du contraste est maximum et tend vers 100%, valeur qu'on cherche à obtenir dans les tableaux utilisés par les oculistes pour la mesure de la vue.

La visibilité d'une ombre

Etant donnée l'ombre d'un objet, considérons un point qui lui est externe avec une luminosité J_{max} et un point central d'une luminosité J_{min} . Pour que l'ombre-pénombre soit visible, il faut qu'elle soit selon la formule (9):

¹¹ Ernst Heinrich Weber (1795-1878) et Gustav Theodor Fechner (1801-1887), tous les deux allemands, furent les pionniers de la psychologie expérimentale dont les travaux ont inspiré plusieurs scientifiques du XX^e siècle.

¹² Le degré de réponse d'un organe des sens, c'est-à-dire la sensation produite, est proportionnelle au logarithme de l'intensité de la stimulation qui a agit sur l'organe.

¹³ Pour les autres sens, ont été trouvé expérimentalement les valeurs minimums suivantes : douleur (chaleur sur la peau) : 1/30, ouïe : 1/10 ; toucher (pression sur un point de la peau) : 1/7; odeur : 1/ 4; goût (salé) :1/3.

¹⁴ La réflexion de la superficie ne change pas la valeur du contraste entre deux zones puisqu'il modifie, dans la même proportion, la quantité de lumière venant d'elle. Seulement, dans le cas d'une superficie avec très peu de réflexion (noir de fumée, velours noir), les flux lumineux sortis, même s'ils sont encore proportionnels aux illuminations, deviennent très petits et tombent dans le domaine où la loi de W-F n'est plus valide. Dans ces cas, les valeurs sont supérieures aux valeurs reportées dans le texte.

$$V = \frac{J_{MAX} - J_{MIN}}{J_{MAX}} > 0.02 = \text{soglia minima (=limite minimum)}.$$

En se rappelant les précédentes relations (3) et (3b), nous avons:

$$J_{MAX} = J_S = J_0 \cdot \cos(\beta) + J_d$$

$J_{MIN} = J_{Pen} = J_0 \cdot (1-f) \cdot \cos(\beta) + J_d$ dans laquelle f est la fraction du disque solaire “obscurcie” par l’objet et β l’angle entre la normale à l’écran et les rayons du Soleil. Donc, enfin :

$$V_S = \frac{J_{MAX} - J_{MIN}}{J_{MAX}} = \frac{J_S - J_{Pen}}{J_S} = \frac{J_0 \cdot f \cdot \cos(\beta)}{J_0 \cdot \cos(\beta) + J_d} = \frac{f}{1 + \frac{J_d}{J_0 \cdot \cos(\beta)}} > 0.025 \quad (10)$$

qui représente la condition pour que l’ombre d’un objet soit visible¹⁵.

Il faut se rappeler que lorsque ces conditions extrêmes se rejoignent, la dimension de la zone de pénombre est beaucoup de fois supérieur à celle de l’objet et sa luminosité de très peu inférieure aux zones illuminées directement par le Soleil.

En particulier, en prenant $J_0=100000$, $J_d = 20000$ et la hauteur du Soleil de 60° .

- Plan normal aux rayons solaires avec $\beta = 0^\circ$: $V_S = \frac{f}{1.2} > 0.025$ da cui $f \gg 1/33$

- Plan vertical tourné vers le Soleil avec $\beta = 60^\circ$: $V_S = \frac{f}{1.4} > 0.025$ da cui $f \gg 1/28$

- Plan horizontal avec $\beta = 30^\circ$: $V_S = \frac{f}{1.23} > 0.025$ da cui $f \gg 1/32$

Objets ayant un aspect circulaire ou carré, avec un diamètre D_g .

Avec la formule (4) $f = 11556 \cdot \left(\frac{D_g}{L}\right)^2$ on calcule immédiatement que la tache d’ombre-pénombre devient à peine visible quand $D_g > \frac{L}{570} \div \frac{L}{620}$ circa (environ). Dans ces conditions, la zone de pénombre est pratiquement circulaire et possède un diamètre de $L/107.5$, 5 à 6 fois celui de l’objet.

Par exemple, l’ombre d’une mouche, avec une superficie d’environ 15mm^2 et un diamètre équivalent à 4.3mm , est à peine visible, comme une faible tache obscure d’environ 23mm de diamètre, si elle est projetée sur un mur placé à plus de 2.5m . Son mouvement rapide qui empêche de concentrer notre attention sur la très faible tache produite, fait que cette distance est de fait, encore très inférieure.

C’est pour ce motif que l’ombre des petits insectes comme un moustique ou un moucheron n’est presque jamais visible sur le terrain, comme celle des oiseaux qui volent très haut. Par exemple encore, l’ombre d’un oiseau aux dimensions d’un pigeon (comme celui schématisé dans les premières figures) n’est plus visible si son altitude est supérieure à environ 100m . (l’ombre-pénombre est un cercle de diamètre d’environ 90cm) et l’oiseau semble égal à environ $1/40$ du diamètre du Soleil.

Objets longs en forme de cylindre ou de hampe.

En rappelant la formule (6): $f = 136.9 \cdot \frac{D_g}{L}$. on sait tout de suite que l’ombre-pénombre d’une hampe devient à peine visible quand $D_g > \frac{L}{4000}$ circa (environ) de laquelle on

¹⁵ Je rappelle, comme je l’ai déjà écrit, que toutes les valeurs numériques sont approximatives et donc indicatives.

voit que les ombres de hampes et des fils disparaissent à une distance très supérieure par rapport à celui qui advient avec des disques ou des sphères.

L'ombre d'un fil d'1 mm de diamètre est encore perceptible à la distance de 4m. Dans ce cas, la tache de pénombre rejoint la largeur d'environ 4 cm, c'est-à-dire 40 fois la dimension du fil.

Si nous exposons à la lumière du Soleil, une épingle ayant une tête sphérique de 2.9mm et une tige de 0.6 mm de diamètre et les éloignons du mur où se projettent les ombres, nous constaterons que l'ombre de la tête d'épingle disparaîtra avant celle de la tige, aux distances respectives de 1.8m et 2.4m d'environ.

Conditions pour avoir une ombre vraie et "propre"

Puisque $D_0 = \Phi \cdot L = \frac{L}{107.5}$, est non seulement le diamètre de l'ombre produite par un point matériel, mais aussi le diamètre du disque, qui placé à la distance L obscurcit complètement le Soleil; il est nécessaire pour obtenir qu'un objet produise une ombre vraie que L soit inférieure à 107.5 fois sa dimension transversale.

On a alors, comme nous l'avons déjà trouvé précédemment, la condition pour qu'un objet produise une ombre vraie et "propre" (donc assez obscure et bien visible) c'est-à-dire qu'il soit placé à une distance de l'écran à moins de 107.5 fois sa dimension transversale; soit $D_0 < D_g$ ou également $L < 107.5 \cdot D_g$.

Dans ces conditions l'ombre est entourée par une bande de pénombre d'une largeur théorique égale à D_0^{16} . Même si l'ombre vraie "propre" disparaît quand $L \geq 107.5 \cdot D_g$, la pénombre devient bien visible, et possède une forme qui approche celle du profil de l'objet, si la distance L est inférieure à environ 150 à 200 fois D_g (cas- C et D du tableau).

Les ombres et les gnomons

L'étude de l'ombre de l'élément qui, dans un cadran solaire indique l'heure ou le jour sur la table du cadran est assez complexe de part par la variété des cadrans et des gnomons qui projettent l'ombre: hampes/tige, sphères, disques pleins ou percés, pointes de flèche, fils tendus, miroirs, etc. Puisque cet article ne veut donner que des indications sur le comportement de l'ombre et certainement pas remplacer l'expérience des cadraniers, je me limiterai à quelques modèles de "styles/gnomons".

Les gnomons et styles les plus utilisés sont ceux qui, vus du Soleil à différentes heures et saisons, présentent toujours le même "profil" d'ombre et donc une symétrie, au moins autour de l'axe polaire. Ce sont ceux en forme de sphère ("noeud sphérique") et à long corps cylindrique (style-axe ou style polaire).

Je ne considère pas que les caractéristiques de l'ombre portée par les "styles droits" car pour ceux-ci, seule l'ombre de la "pointe", c'est-à-dire le "noeud" est utilisé.

Noeuds Sphériques

Si on a un "noeud" constitué d'une sphère: soit D_g son diamètre et H sa distance au centre du plan du cadran solaire.

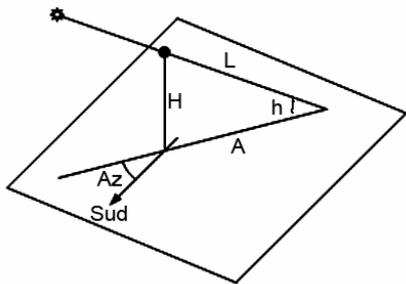
¹⁶ Il a été réalisé de nombreux tests par des passionnés de gnomonique, pour déterminer expérimentalement la position dans la quelle est perçue la ligne limite de la pénombre. [3]

De ces résultats on déduit que la pénombre devient "visible" pour environ 60 à 90% de sa largeur. Cette grande incertitude dépend du fait que la valeur de l'illumination "Jd" dépend beaucoup des conditions atmosphériques. En présence de brouillard, ou de nuages blancs la valeur augmente et l'ombre est fortement illuminée et par conséquent, sa limite "visible" se déplace en s'éloignant de la zone obscure.

Puisque au cours des heures la position du Soleil change dans le ciel, changerons en conséquence, soit le point où tombe l'ombre, soit la distance L du noeud au centre du cadran, soit l'angle entre les rayons du Soleil et le plan, soit enfin les dimensions de l'ombre elliptique.

Pour trouver une indication sur la valeur à donner au diamètre Dg, nous devons prendre en considération deux conditions contradictoires:

- d'un coté, le diamètre de la sphère doit être petit pour donner une ombre (elliptique) de dimension non excessive et comparable à la largeur des lignes horaires.
- de l'autre, le diamètre doit être grand pour que, même quand les rayons du Soleil sont très inclinés sur le plan, nous ayons une ombre propre et une tâche obscure facilement observable.

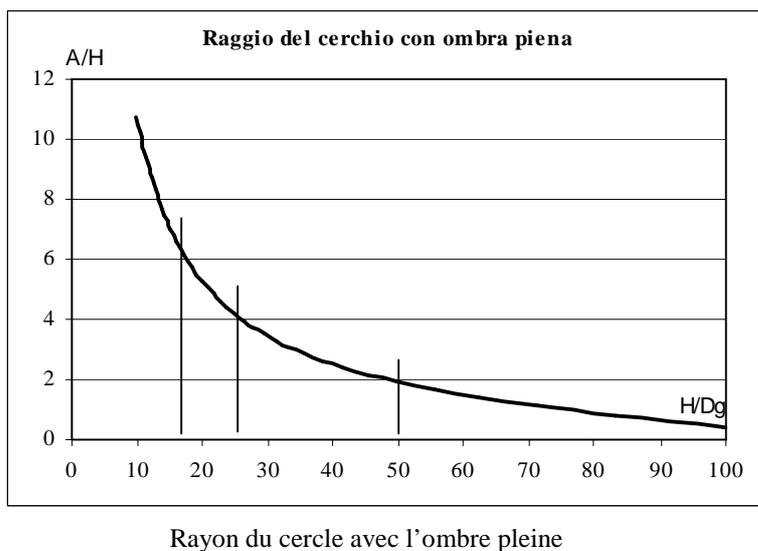


Considérons d'abord un cadran solaire horizontal. En prenant "h" la hauteur du Soleil¹⁷, nous avons:
 $L = \frac{H}{\sin(h)}$ $A = \frac{H}{\tan(h)}$ Afin que la sphère produise une ombre vraie elle doit être à une distance: $L \leq 107.5 \cdot D_g$. Dans ce cas, la "tache" produite a une forme elliptique avec une zone centrale (ombre) ayant un petit axe égal à Dg-Do, une bande de pénombre large de Do et donc une dimension totale égale à Dg+Do, où $Do = L/107.5$.

Les axes de l'ellipse de l'ombre et de pénombre ont entre eux le rapport 1:1/sin(h) et donc, aux solstices, les rapports 1:1,07 et 1:2,73. En diminuant la hauteur h du Soleil, la distance L augmente et rejoint la valeur (107,5 Dg) pour laquelle l'ombre propre disparaît pour donner seulement de la pénombre.

Dans ce cas, la "tache" a un petit axe égal à 2 Dg et avec une bonne approximation, le rapport entre les axes devient 1: (A/H). En posant $k = \frac{H}{D_g}$, on retrouve la relation suivante qui

permet de calculer la distance AM du pied du style auquel on doit la disparition de l'ombre vraie

$$\frac{A_M}{H} = \frac{107.5}{H} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{k}{107.5}\right)^2} \quad (11)$$


Le cercle dont l'origine est le pied du style et le rayon AM contient tous les points du c.s. dans lesquels on a une ombre propre. La formule (11) nous indique comment ce rayon varie, changeant le rapport k entre la hauteur de la sphère sur le plan et son diamètre. Son aspect est représenté dans le diagramme ci-dessous : plus petit est Dg, à parité avec le style droit, plus grand est k et donc plus petite est la zone dans laquelle la sphère donne l'ombre vraie.

¹⁷ Sauf si différemment spécifié, je considère la latitude du lieu égal à 45° dans tous les exemples numériques. Dans le cas où le plan est vertical avec h; on indique l'angle entre les rayons du soleil et le plan lui-même.

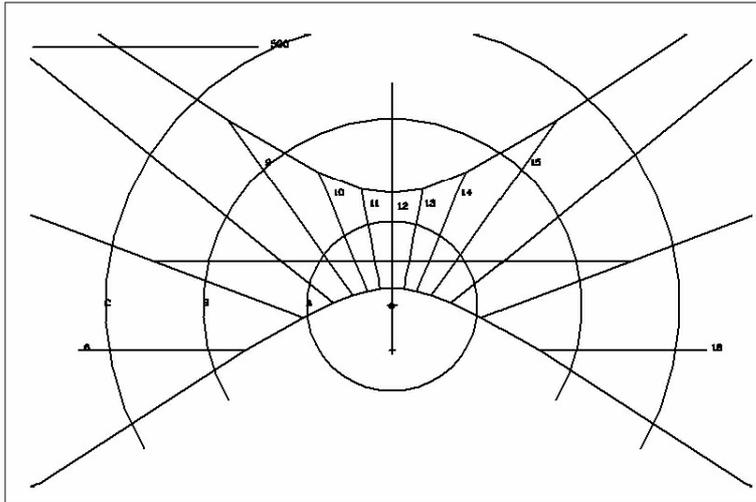
Par exemple avec H=50cm

Dg -cm	1	2	3
k	50	25	16.6
A _M /H	1.9	4.2	6.4
A _M -cm	95	210	318

On peut facilement démontrer que la formule (11) convient également pour un cadran vertical ou déclinant. Dans les figures qui suivent, ont été tracés sur le dessin d'un c.s. les cercles avec des rayons égaux aux valeurs A_M de table (indiqués par les lettres : A, B, C). Puisque le cercle B contient parti-

quement toute la zone centrale du c.s. il suffit que le rapport $k=H/ Dg$ soit inférieur de 20-30 environ.

Avec cette valeur de k, puisque quand l'ombre tombe sur ce cercle limite les valeurs des axes de la tâche-ellipse sont $2Dg$ et $2Dg * (A_M/H)$ environ, nous aurons qu'à l'intérieur de presque tout le c.s. le rapport entre les axes de la tache au maximum de : 1:4 -1:5.



Ce résultat nous conseille par exemple de prendre un diamètre de la sphère de $Dg > 1,7-2,5$ cm si $H=50$ cm et un diamètre de $Dg > 0,7-1$ cm si $H=20$ cm. Evidemment en prenant une sphère plus grande l'ombre est meilleure mais la tache d'ombre devient plus grande également et ce, au détriment d'une lecture précise de l'heure.

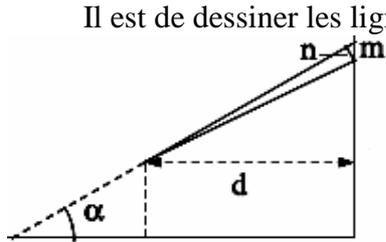
Largeur des lignes horaires et dimension minimale du noeud.

Quand le Soleil est sur la perpendiculaire au plan (comme cela peut advenir avec les cadrans solaires en zones polaires ou ceux des localités sub-tropicales) ou pareillement, sous nos latitudes, à proximité du solstice d'été (cas des cadrans horizontaux) ou à proximité du solstice d'hiver (cadrans verticaux); l'ombre a pratiquement la dimension de la sphère. Il faut alors, pour

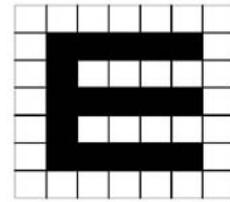
pouvoir lire l'heure, qu'elle soit bien visible et donc qu'elle ait un diamètre supérieur à la largeur des lignes horaires.

Des critères partagés par tous et qui permettrait de trouver la valeur optimale pour cette grandeur n'existent pas. A mon avis, un critère qui pourrait être adapté est celui qui est utilisé par les oculistes dans les tests de vue et qui est adoptés par les opticiens¹⁸.

¹⁸ Il s'agit de ces tableaux de signes et de lettres utilisés pour tester la vue. Parmi les nombreuses sortes, un de ceux qui donnent les résultats les plus corrects est celui constitué par des lettres comme la lettre "E" avec ses 3 "bras" espacés d'un carreau et de longueur égale à la hauteur de la lettre. Quand la lettre est vue et reconnue



Il est de dessiner les lignes de façon que l'observateur voie leur largeur sous un angle de 5'. Ce "critère" est confirmé par l'expérience, même si l'oeil réussit à apercevoir, avec fatigue et concentration, une ligne ayant une épaisseur peu inférieure; pour avoir une vision "aisée" et immédiate, il faut que l'angle soit au moins de 3 à 7'.



Lettera di un ottotipo

Si on connaît la distance d entre l'observateur et le cadran ainsi que l'angle α pour lequel nous devons lever les yeux, on peut trouver la valeur de l'angle que la ligne de largeur " m " sous tend avec la relation $\gamma' = 3438 \cdot \frac{\cos^2(\alpha)}{d} \cdot m$. La relation inverse donne la valeur de m :

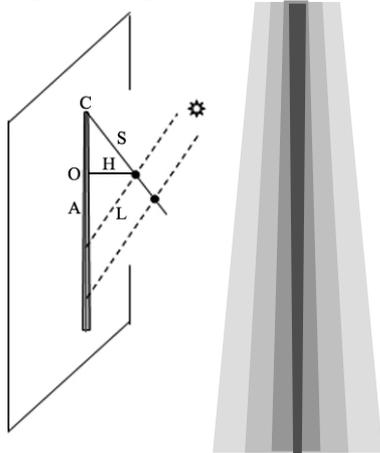
$$m = \frac{d}{3438 \cdot \cos^2(\alpha)} \cdot \gamma'$$

Dans les cas plus communs, l'angle α est d'environ 30° pour avoir une vision aisée. Par exemple, si $d=5m$ avec $\alpha=5'$, on obtient, pour la largeur des lignes, la valeur : $m=10mm$ environ. La dimension la plus petite de la sphère-noeud doit, comme cela a déjà été dit, être égale au moins à : 1,2-1,5 fois la valeur " m " trouvée.

En ce qui concerne la dimension des chiffres des heures, à mon avis, leur hauteur ne devrait pas être inférieure à 10-15' d'arc, correspondant à la mesure optique pour ceux qui ont une vue de 4-5/10.

Gnomons cylindriques

Considérons pour simplifier, un cadran solaire vertical méridional avec un style polaire cylindrique de diamètre " D_c ". Supposons qu'il est midi. Prenons un point quelconque du style, distant d'une valeur S du centre C , à une distance H du plan et qui projette son ombre en un point A par rapport au pied C du style.



L'ombre est, comme d'habitude, formée d'une zone centrale obscure avec aux bords une bande de pénombre. Puisque, en s'éloignant de C la distance L de la pointe du style au plan augmente, nous saurons que la dimension de la face d'ombre propre diminue, tandis qu'augmente celle de la pénombre.

L'aspect de l'ombre est donc celui du schéma dont les parties latérales ont été exagérées pour une meilleure compréhension. Valent encore les relations trouvées auparavant où à présent h est complètement de la hauteur du Soleil :

$$L = \frac{H}{\sin(h)} \quad A = \frac{H}{\tan(h)}$$

Le style produit une ombre propre si $L \leq 107.5 \cdot D_c$

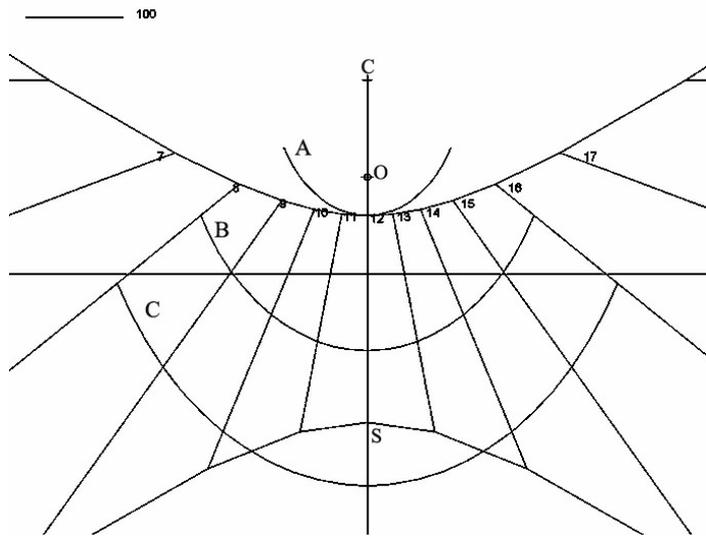
Pour une localité de Lat : $\alpha=45^\circ$ au solstice d'été (cas le plus désavantageux pour l'ombre), le résultat est :

$$H = S \cdot \cos(45^\circ) \quad A = S \cdot \cos(45^\circ) \cdot \tan(68.5^\circ) = 1.795 \cdot S$$

$$L = 1.929 \cdot S \quad \overline{COmbra} = 2.50 \cdot S \quad D_0 = L \cdot \Phi = \frac{S}{55.71}$$

d'une distance telle que pour les simples bras et les espaces sous-tendent l'angle de 1' d'arc et la lettre entière se voit sous l'angle de 5', alors on se dit que l'acuité de la vue est de 10/10. En d'autres mots, on considère "normale" l'acuité visuelle des personnes qui reconnaissent la lettre E sous-tendu par un arc de 5 minutes.

Puisque la largeur de la zone dans l'ombre est $(D_c - D_o)$, on obtient qu'elle s'annule lorsque $S \geq 55.718 \cdot D_c$. Dans ces conditions, la largeur totale de la pénombre vaut $2D_c$. Par exemple si $D_c = 1\text{cm}$ et l'ombre s'annule quand $S = 56\text{cm}$ environ. La pénombre mesure 2cm et se trouve à environ 140cm du centre $D_c/H = 2.5/100 C$.



Si la longueur du style n'est que de 40cm , alors sa partie extrême produit une zone d'ombre large d'environ 3mm , avec, sur les côtés, une pénombre large d'environ 7mm . $D_c/H = 3,5/100$.

Dans la figure, du tracé d'un cadran vertical méridional de latitude $Lat. = 45^\circ$, sont dessinées les courbes des points pour lesquels l'ombre vraie du style s'annule suivant diverses valeurs du rapport D_c/H , où D_c est le diamètre du cylindre et H la distance du point terminal (nœud) du style (ou longueur du style droit).

style droit).

Les valeurs de ces rapports sont $1/100$ pour la courbe A, $2/100$ et $3/100$ pour les courbes B et C. Le point O est la projection du point terminal du style polaire au pied du style orthogonal (ou pied du style droit). Comme on le voit si nous traçons un cadran avec une certaine valeur de style droit et prenons le diamètre de la hampe (diamètre du style) $1/100$ de cette valeur, la hampe n'aura pas d'ombre propre, mais seulement de la pénombre sur l'ensemble du cadran.

Si au contraire, nous utilisons un diamètre égal à $3/100$ du style orthogonal (style droit), la tige donnera une ombre propre sur presque tout le cadran. Prenons par exemple $H = 50\text{cm}$, on aura $OS = 126,9$, $SC = 176,9\text{cm}$ et $GS = 136,4\text{cm}$. En prenant une tige de diamètre 5mm ($D_c/H = 1/100$), l'ombre propre s'annule sur la courbe A et au point S on aura une bande de pénombre d'une largeur d'environ 18mm .

Avec un diamètre $D_c = 1,5\text{cm}$ ($D_c/H = 3/100$), l'ombre s'annule sur la courbe C et au point S, on aura une ombre d'une largeur d'environ 2mm , centrée sur une bande de pénombre de 28mm . Enfin avec un diamètre de $2\text{cm} = 4/100$ du style orthogonal, le style donne une ombre propre pendant une bonne partie de l'année et aux heures centrales de la journée. Durant les mois d'été seulement, l'ombre devient moins visible dans la partie terminale.

On peut facilement démontrer que l'ombre vraie s'annule au point S, si le diamètre est $D_c = H/40$. Puisque pour les cadrans solaires, avec un style polaire, c'est l'ombre entière qui indique l'heure par recouvrement de la ligne horaire, on a un bon compromis en prenant un diamètre d'environ $1/50$ à $1/40$ de la hauteur du point nodal.

Hampes coniques

Certains utilisent, comme style polaire, une tige mince, conique, terminée en pointe. Je parlerai plus tard de l'effet d'une pointe sur l'ombre mais dès maintenant je voudrai seulement noter que ce genre de hampe ne fait rien d'autre que de renforcer les défauts, du point de vue de l'ombre, d'un style polaire.

Comme nous l'avons dit précédemment, l'ombre vraie d'un style diminue de largeur, jusqu'à s'annuler peu à peu, à mesure que l'on s'éloigne du centre du c.s., tandis qu'augmente

la largeur de la pénombre. Un style avec une petite conicité (hampe conique) fait que la largeur de l'ombre diminue plus rapidement et s'annule d'abord, sans en pratique diminuer la largeur de la pénombre (pratiquement celle-ci dépend seulement du diamètre du Soleil).

Les courbes A, B, C de la figure précédente qui indiquent les points auxquels l'ombre vraie et propre s'annule, se rétréciraient et ils se déplaceraient vers le haut rendant la lecture plus difficile.

Au contraire, même si je ne connais pas d'exemples, on pourrait concevoir une hampe avec une conicité inversée, c'est-à-dire plus large en extrémité et plus étroite à la base (par exemple avec à la base environ $1/80$ de H et à l'extrémité environ $1/40$ de H ; 1 et 2 cm avec H=40cm).

Eléments constants de formes diverses

Comme cela a déjà été dit, il est opportun que l'élément qui produit l'ombre ait une symétrie, tout au moins autour de l'axe polaire. Ceci pour deux raisons :

° la forme de l'ombre, c'est-à-dire son profil, demeure presque inchangée au fil des heures (sauf les allongements dus aux variations d'inclinaison des rayons solaires)

° pouvoir mieux identifier le centre de la tâche ombre-pénombre, en particulier quand elle tombe loin et devient à peine perceptible.

Cet effet, même s'il ne dépend pas des dimensions, est beaucoup plus perceptible pour les cadrans solaires de grandes dimensions où la largeur de la pénombre peut atteindre 10 cm. Certes, une différence de perception peut être apportée par l'aspect, la finition de la surface où sont tracées la ou les lignes (ainsi pour une méridienne horizontale, la surface peut être des pavés). Pour cette raison, si l'on désire obtenir une bonne précision et une bonne clarté dans la lecture, il est préférable d'utiliser une tige symétrique plutôt qu'un élément avec "voile" pour lequel il n'est pas facile de déterminer où l'ombre "se termine".(voir [3]).

Je limiterai les notes qui suivent à l'étude de certains genres de "noeuds"¹⁹ puisque pour la détermination du jour dans l'année (arcs diurnes), on utilise toujours cet élément ainsi que pour lire l'heure sur les cadrans solaire de Temps Vrai.

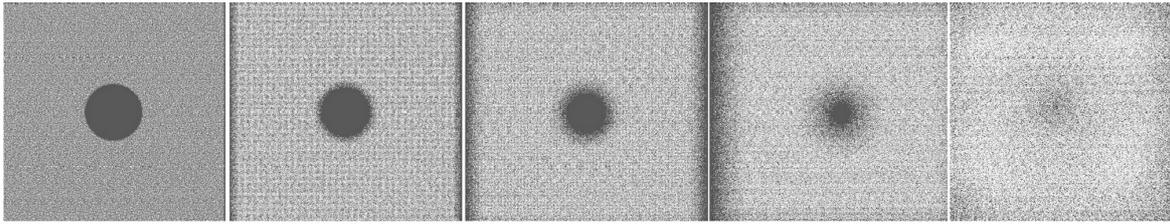
Les cadraniers ont inventé de très nombreuses formes de noeud. Certains avec des dimensions finies et, presque toujours, avec une symétrie axiale, comme les sphères, les sphères rayonnantes, les axes avec gonflements de différentes formes, les axes avec des incisions ou reports circulaires, anneaux, etc.. D'autres avec des dimensions infinitésimales, comme l'extrémité de pointes circulaires (cônes, pyramides) ou des pointes d'éléments plats (pointes de flèche, feuilles). D'autres enfin avec des trous réalisés presque toujours sur des disques ou des plaques.

Le comportement de certains de ces types de noeuds est présenté dans les figures qui suivent pour lesquelles les ombres produites sont projetées sur un écran placé à diverses distances²⁰.

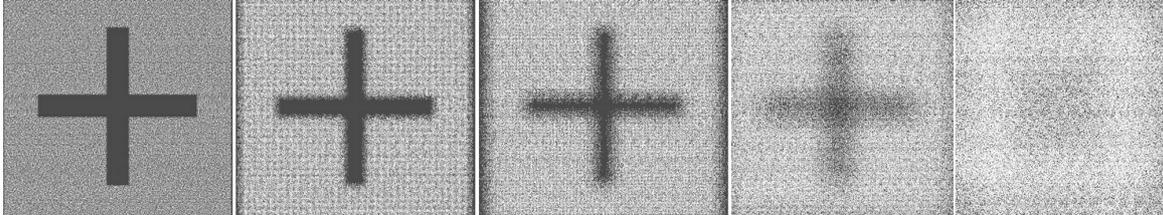
¹⁹ Dans le texte, je désigne par le terme de "noeud" ce que d'autres appellent le "point gnomonique". C'est à dire cet élément géométrique dont l'ombre (théorique) indique l'heure sur la table du cadran. Ce sont donc "des noeuds" ou "les points extrêmes" d'une tige/hampe ou d'un style orthogonal, si on les utilise dans le but ci-dessus, soit le centre d'une sphère insérée sur un style, etc.

²⁰ 20 - Dans toutes les figures, le profil du noeud est celui de l'image de gauche, ayant en réalité un côté de 10cm. Dans les images qui suivent sont montrées, vers la droite, les ombres projetées sur des écrans placés aux distances de 50, 100, 200 et 500cm. Toutes les images ont été obtenues par points avec un programme de simulation écrit par l'auteur (environ : 300 000 points par image).

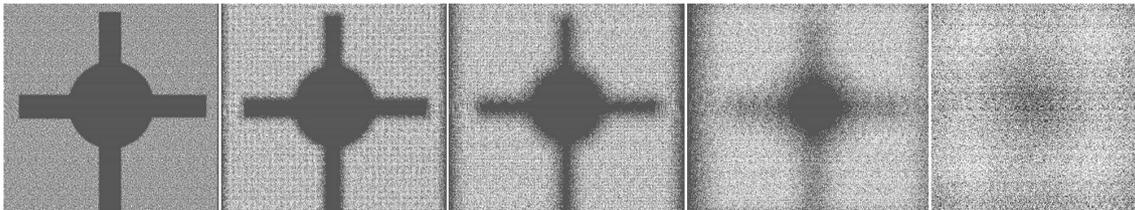
Noeuds sphériques ou pseudo-sphériques :



▲ A) Sphère: diamètre 2.5cm, à une distance de 500 cm (L/Dg) =200, le point d'ombre est bien défini.

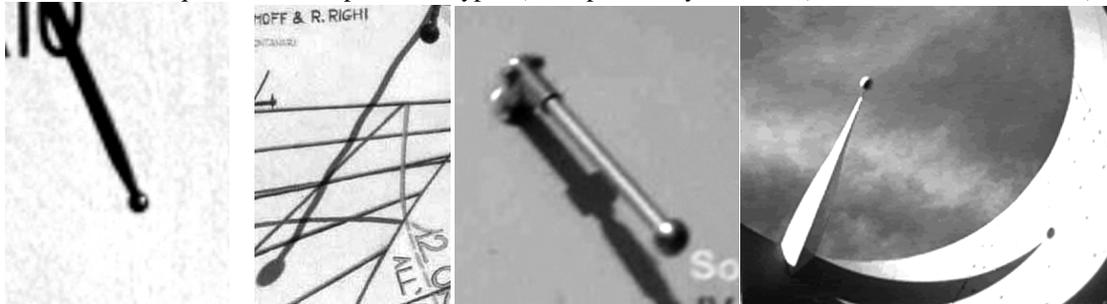


▲ B) Croix: Longueur du bras = 3cm, largeur du bras 1 cm. L'ombre, à la distance de 200 cm est mieux visible, de par sa forme cruciforme, que celle d'une sphère d' 1 cm de diamètre.

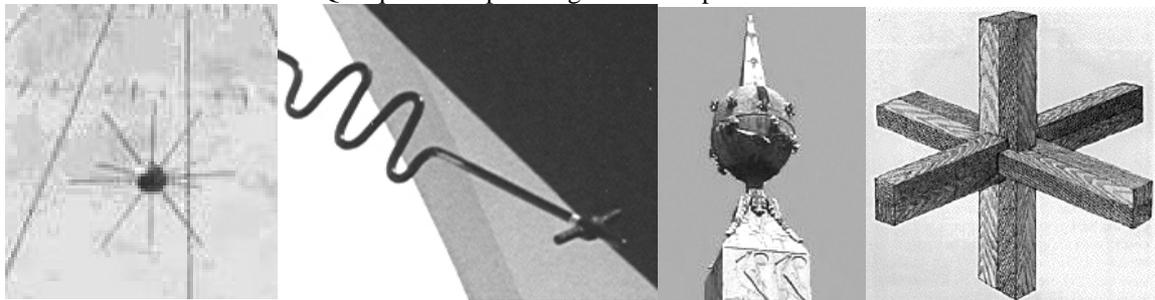


▲ C) Croix sur sphère: Diamètre de la sphère = 4cm, bras de la croix: 2.5 x 1 cm.

Nota: Même si les figures ci-dessous sont à deux dimensions, elles peuvent être assimilées au type B) de croix volumique à 6 bras ou plus et au type C) les sphères rayonnantes (comme les mines marines)

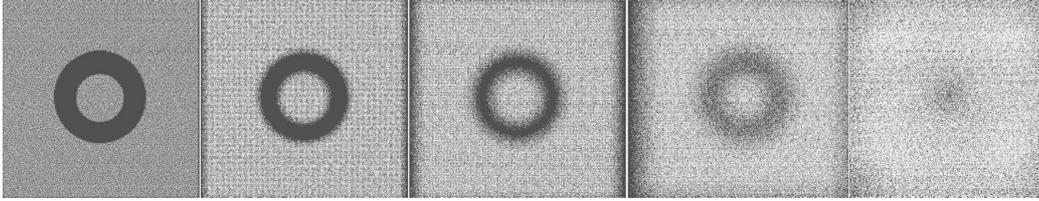


▲ Quelques exemples de gnomons à sphères ²¹

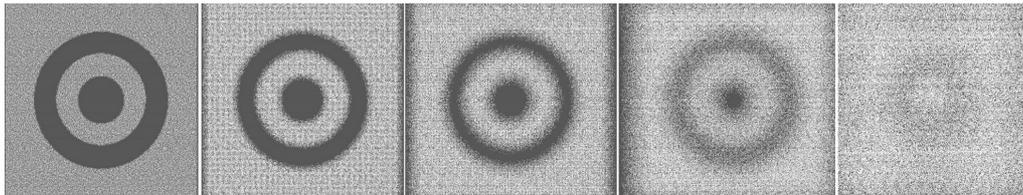


▲ Sphère rayonnante (R.Baggio), étoile (R.Righi), sphère (Montecitorio), et croix tridimensionnelle.

²¹ Il m'est impossible d'indiquer les "constructeurs" des cadrans solaires ayant des gnomons reportés. Je m'en excuse auprès des auteurs et des lecteurs.



▲ D) Anneau: Diamètre externe = 4.5cm, diamètre interne = 2.5cm. Largeur de l'anneau = 1cm L'anneau est bien visible jusqu'à la distance de 200 cm (et plus: $L/D_{int}=80$ et plus). A la distance $L/D_{int}=200$ une tache centrale est encore visible qui indique une position précise.



▲ E) Anneau avec sphère centrale – Diamètre sphère 2.5 cm. Largeur des anneaux 1 cm.

Pointes

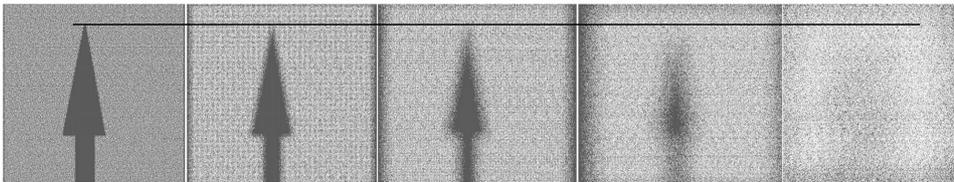
Dans beaucoup de cas, que ce soit avec un style polaire ou un style droit, le "point gnomonique" est constitué par une "pointe" en extrémité comme par exemple une pointe de flèche plane ou tri-dimensionnelle, une pyramide, un cône, une feuille, etc. On rencontre souvent des éléments coniques ou pyramidaux sur les petits cadrans solaires dans lesquels le gnomon est utilisé aussi comme élément décoratif.

Puisque ces éléments "pointus" sont utilisés presque toujours dans le but d'avoir une meilleure précision dans la lecture, il faut démystifier la croyance que l'ombre d'une pointe donne une indication plus correcte, précise et plus nette que d'autres types de nœuds^{22 23}.

L'explication vient du fait que plus on avance vers la pointe, plus la dimension de la section vue du Soleil diminue et donc plus diminue la largeur de l'ombre "vraie". A une certaine distance de la fin de la pointe donc, l'ombre vraie disparaît tandis qu'augmente la zone d'incertitude même quand la distance pointe-cadran est relativement petite.

On peut affirmer que l'incertitude sur la localisation de la partie terminale de l'ombre d'une pointe est environ égale à 50% de la dimension de l'ombre-pénombre d'un point élémentaire, c'est-à-dire environ $L/200$. Par exemple à la distance de 1m, on a une incertitude d'environ : 5 mm. On a la même incertitude avec un style à voile, tandis qu'avec un style symétrique, comme une hampe ou une sphère, la recherche du centre peut être faite avec une précision bien meilleure.

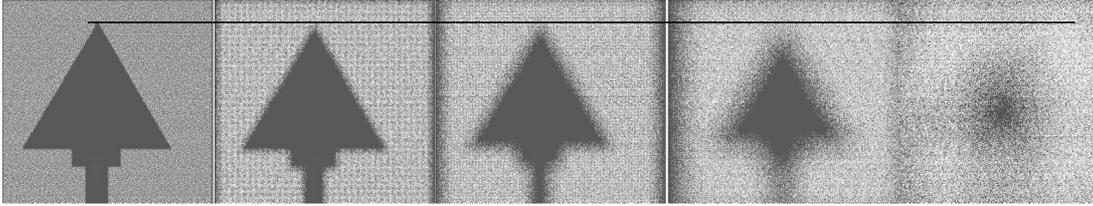
Dans la figure F), on peut clairement voir comment la "position" de la pointe est déjà incertaine à la distance de 100cm (3' image) pour devenir ensuite inacceptable à 200cm (4' image)



▲ F) Pointe – Diamètre = 2.5cm, longueur = 6cm

²² Evidemment mes critiques concernent seulement l'aspect "technique" sans juger des aspects artistiques et esthétiques.

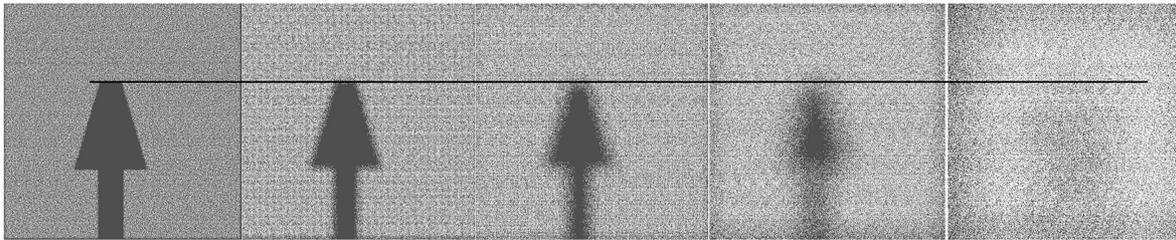
²³ Dans l'Antiquité il était souvent utilisé de petits gnomons coniques, en particulier par les Arabes. A ces époques, on ne cherchait pourtant pas la précision que nous demandons de nos jours. Ce qui était recherché c'était la simplicité et la robustesse.



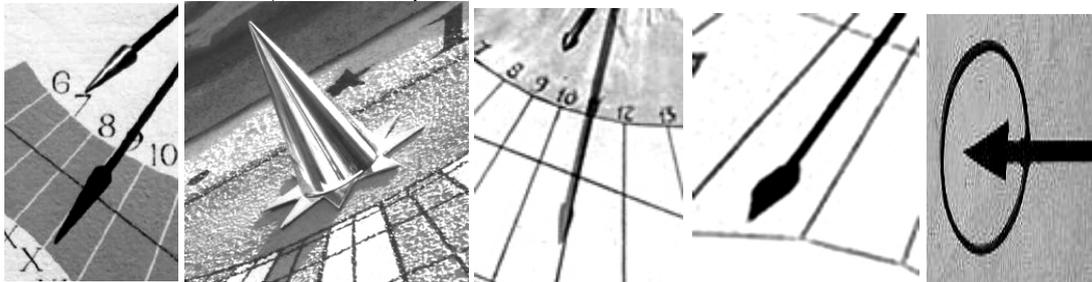
▲ G) Pointe à flèche : 7 x 6 cm

Dans l'exemple de "pointe de la flèche" des figures G), non seulement nous avons l'effet décrit qui porte à des erreurs dans la lecture, mais, à grande distance (dernière image à droite), le corps de la feuille produit une ombre qui peut être facilement changée avec celle à utiliser pour les lectures. Dans ces cas, il est préférable, au lieu d'une pointe, d'utiliser un élément arrondi ou tronqué, comme dans la fig. H).

Dans le cas où l'on désire utiliser un élément à pointe, je conseille les formes pyramidales à base polygonale. Ceci parcequ'avec ces solides qui ne sont pas toujours dans la direction de l'ombre de la pointe de la pointe peuvent provoquer une autre incertitude, en plus de celle dûe à "l'effet pointe"²⁴.

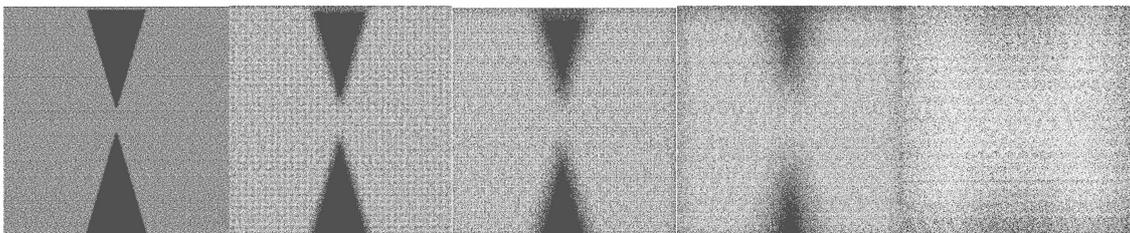


▲ H) Pointe tronquée ou arrondie: Diamètre extrémité = 1cm.



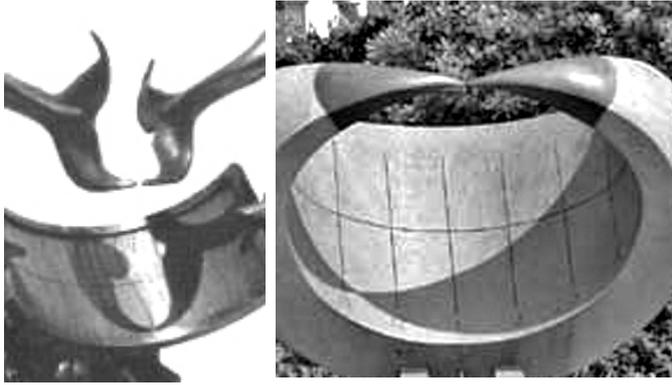
▲ Exemples de noeuds à pointe.

Un cas différent est celui de deux points en opposition comme dans les figures ci-dessous. Pour trouver l'heure on n'a pas besoin d'observer où se termine l'ombre d'une des deux pointes, mais le point intermédiaire entre les deux ombres. Evidemment la précision dans la détermination de ce point central est meilleure que celle qu'on obtient avec une simple pointe. La chose est valable pour les gnomons réalisés en deux éléments séparés par un mince espace ou fente (voir exemple avec style en queue de poisson, en forme de bec).



▲ I) Pointes en opposition: Distance entre les pointes : 1cm

²⁴ Il est évident, comme cela a déjà été dit, que ces considérations sont valables seulement quand il est intéressant de lire avec précision la position de l'ombre de la pointe.



▲ Exemples de noeuds avec pointe affichée.

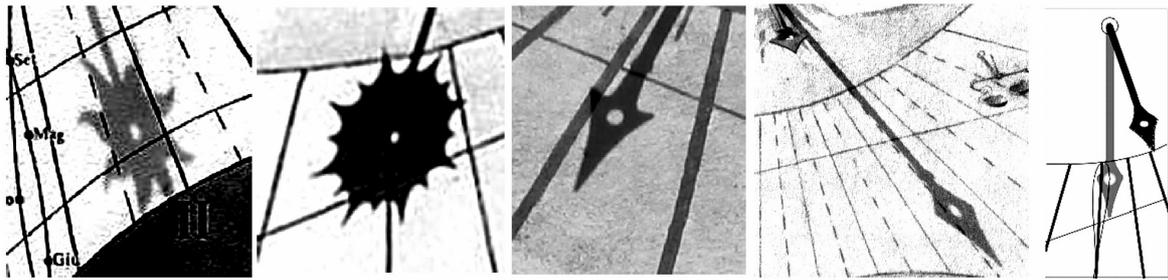
Trous

Des trous pratiqués sur dans des disques (œillette) ou dans des rubans... sont souvent utilisés comme "Noeuds".

L'étude de ce cas est parfaitement identique à celle de l'ombre. L'unique différence est que maintenant nous avons affaire à une petite tache de lumière entourée d'une zone dans l'ombre, au lieu du contraire. Même si du point de vue la technique de l'illumi-

nation, il n'y a pas de différence entre les illuminations des deux zones et donc sur le contraste entre elles, la tache lumineuse, produite par un trou est mieux perçue et "vue" par rapport à l'ombre d'une sphère. Ceci est, je crois, la raison qui fait souvent préférer le disque troué.

L'explication est probablement que la relative grande tache d'ombre produite par le ruban ou le disque, attire notre attention et que tout de suite après on se focalise sur la zone lumineuse à l'intérieur. Les formes que l'on peut rencontrer sont très différentes même si les plus communes sont les circulaires ou pseudo-circulaires (disques, étoiles trouées, profil rayonnant, etc.). Par expérience le trou est toujours circulaire, même s'il n'y a aucune raison théorique qui empêche d'avoir des profils diverses (toujours contenues dans un cercle) comme des polygones, étoiles, etc.



▲ Exemples de "trous"

Les relations mathématiques déjà été vues pour l'ombre sont valables pour la lumière produite par un trou. Un trou réalisé sur un plan perpendiculaire (normal) aux rayons solaires, produit sur un écran parallèle une tache lumineuse qui, si la distance L est petite, une zone centrale d'un diamètre ($DF-Do$), illuminée pleinement (illumination = $J_0 + J_d$) et une bande de pénombre de largeur Do , dans laquelle la lumière va diminuer graduellement.

Si ensuite $L > 107.5 DF$ alors l'intensité lumineuse centrale n'est plus celle d'une zone illuminée pleinement par le Soleil et sa valeur diminue suivant l'augmentation de L . Dans tous les cas, la largeur totale de la tache de lumière est ($DF+Do$). Si enfin le plan du trou est incliné par rapport aux rayons du Soleil, la quantité de lumière qui le traverse diminue, comme diminue l'inclinaison entre l'écran et le trou.

Pour un plan vertical à midi, on trouve la relation : $J = (J_0 + J_d) \cdot \left(\frac{k \cdot D_f}{H} \right)^2 \cdot \sin^3(h) \cdot \sin(h + \gamma)$

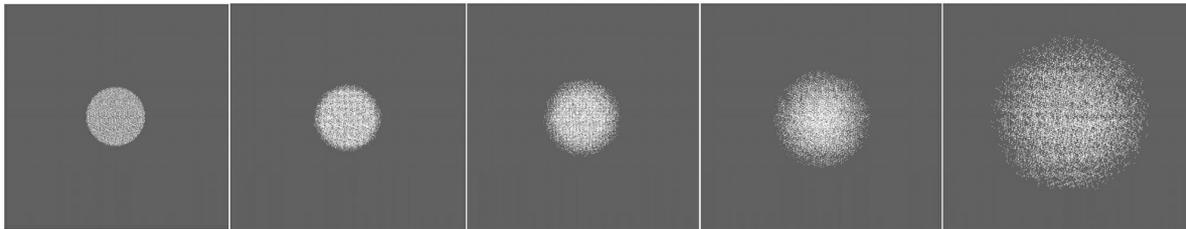
qui exprime l'intensité lumineuse dans la zone centrale de l'image (si la distance L est grande).

Dans la formule h est l'inclinaison des rayons du Soleil sur le plan du cadran, γ est l'angle entre le plan du trou et celui du cadran, H est le style droit, $k=107.5$ ²⁵.

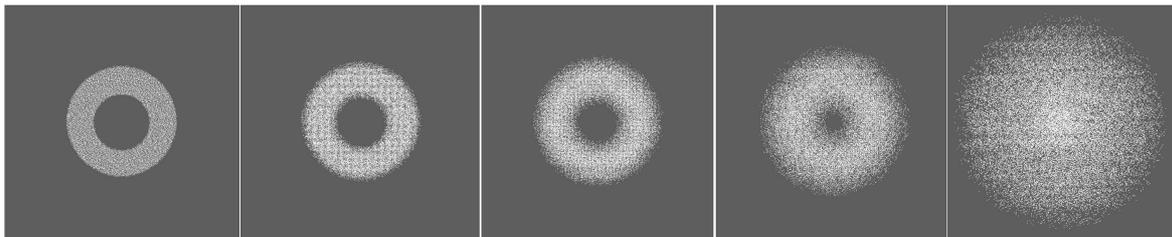
²⁵ Une étude quantitative est reportée dans mon article [4]

Ainsi la forme de la tache de lumière produite par un disque troué sur le plan (par exemple vertical) d'un cadran solaire, dépend soit de la hauteur du Soleil, soit de l'inclinaison du plan du disque par rapport à la paroi. Etant donné que si le disque est parallèle à la paroi, la forme de la tache de lumière est toujours circulaire. Cette disposition est préférée par certains. Dans ce cas pourtant, l'inclinaison des rayons sur le plan du disque peut être très petite (pour Lat.=45° jusqu'à 21.5°) et la quantité de lumière qui traverse le trou diminue beaucoup rendant la tache peu lumineuse.

Pour cette raison, je conseille de placer le plan du trou de façon à ce que son axe soit confondu avec la droite correspondant au point d'intersection entre la ligne du plan de l'équateur céleste et celui du plan de la sous-styloire (sur un cadran solaire l'axe du trou doit être confondu avec la droite d'intersection du plan de la sous-styloire et du plan de l'équinoxiale) Des considérations analogues peuvent être faites pour les trous en forme d'anneau.



▲ L) Trou. Diamètre = 2.5 cm

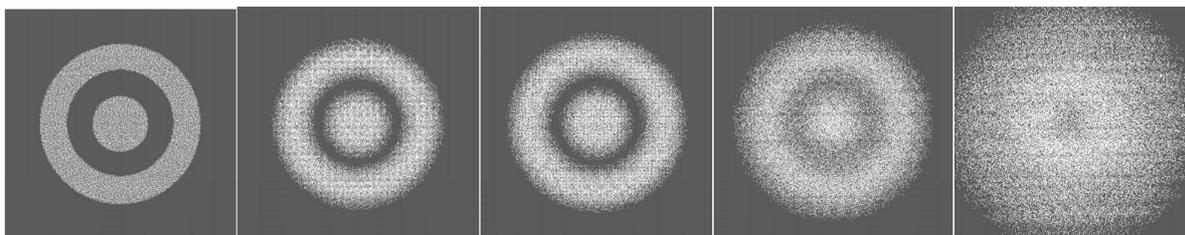


▲ M) Trou en forme de couronne circulaire: Diamètre disque interne = 2.5cm, Diamètre externe = 4.5cm

Dans le cas d'un trou en forme d'anneau (fig. M), on peut noter comment la tache obscure centrale est bien visible jusqu'à une distance $L/D_{interne} = 107,5$ environ, tandis que la tache lumineuse complète est visible jusqu'à $L/D_{externe} = 107,5$. Dans la figure fig. M), ces distances sont 270 et 480 cm.

On peut alors dire que les deux cercles se passent le "relai". Quand la distance L est petite, il est mis en évidence l'effet du disque obscur. Quand L augmente, au contraire c'est "l'effet anneau" qui devient primordial. Cet effet, à mon avis très utile, va dans l'utilisation des trous de ce genre.

En augmentant la complexité du trou, comme dans la figure. N, nous voyons pas d'améliorations notables.



▲ N) Trou en forme de double couronne circulaire: Diamètre du disque interne = 2.5cm, Diamètre externe = 6.5cm, largeur des anneaux = 1cm.

On observe que beaucoup de cadrans solaires anciens (ou méridiennes) utilisent un disque troué avec un style orthogonal/style droit, jusqu'à environ 1 m de longueur. Le disque

a un diamètre égal à environ 1/5 du style orthogonal et le trou a un diamètre d'environ 1/50 de la longueur de ce style orthogonal. Dans un cadran solaire méridional avec une latitude de 45°, pour une hauteur maximum du Soleil à midi : $h_{max} = 68.5^\circ$, on a la distance maximum entre le disque et le plan de $L = H / \cos(68.5^\circ)$. Afin que, dans la partie centrale, il y ait au moins un point pleinement illuminé, il faut donc que $L = 107.5 \cdot D_F$ dont $D_F = \frac{H}{\cos(68.5) \cdot 107.5} = \frac{H}{40}$. A mon avis, le diamètre du trou devrait être un peu plus grand, d'environ : $H/35$.

Noeuds pour lignes méridiennes

Les considérations faites jusqu'à présent valent évidemment dans le cas des "méridiennes" de Temps Moyen, c'est-à-dire constitué d'une courbe en 8. Les noeuds qui peuvent être utilisés ont des contraintes moindres que celles des cadrans solaires qui possèdent un éventail de lignes horaires. Ainsi, il n'est pas nécessaire que la symétrie du noeud soit sphérique ou bien par rapport à l'axe polaire. Il suffit que ce noeud soit symétrique au plan méridien. Les disques simples, les sphères, les trous, les trous en forme de couronne ou de formes variées, les anneaux opaques, les courtes tiges transversales à l'axe polaire, etc, répondent parfaitement à la contrainte.

Spécialement pour les grandes méridiennes horizontales tracé au sol, dont le surface peut être piétinée, des trous en forme de couronne ou équivalent sont préconisés car leur centre est bien visible, même à des distances relativement grandes.



▲ Exemples de "noeuds" pour les méridiennes

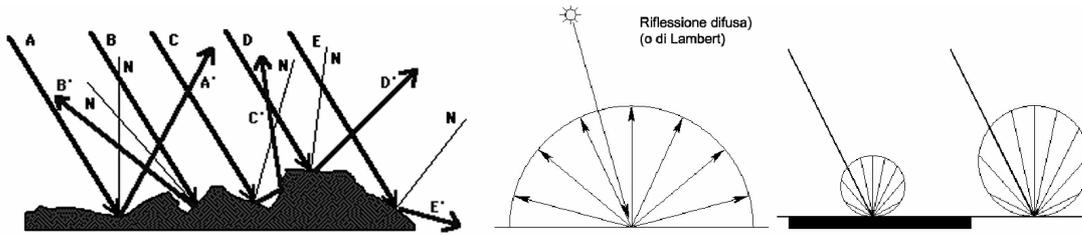
Propriété de réflexion des surfaces.

Quand la lumière frappe une surface, elle est en partie absorbée et en partie réfléchi. Pour les corps transparents, elle est en partie transmise. On définit la réflexion par la quantité de lumière qui est réfléchi par rapport à celle qui frappe la surface.

Il peut y avoir deux sortes de réflexion. La réflexion est dite "diffuse" lorsque la lumière incidente est réfléchi dans toutes les directions, de façon isotrope (réflexion de Lambert). Un observateur regardant la surface d'une direction quelconque la voit toujours d'égale luminosité (c'est-à-dire que la superficie a la même radiance). Jusqu'à présent, il n'a été implicitement considérées que les superficies ayant cette propriété et, pour cette raison, il a toujours été pris en considération que la luminosité (c'est-à-dire la quantité de lumière qui frappe la superficie), et non la "radiance" (quantité de lumière émise par la surface elle-même).

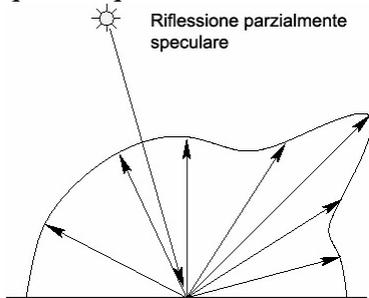
En général, les surfaces qui donnent une réflexion diffuse présentent une rugosité plus ou moins accentuée, souvent au niveau seulement microscopique. Elles peuvent pour cela être assimilées à un ensemble de très petites auréoles planes orientées au hasard, chacune d'entre elles reflétant les rayons qui la frappent, selon la loi de la réflexion spéculaire.

Presque tous les matériaux naturels, comme les tissus, le bois, la pierre, les marbres non polis et beaucoup d'autres matériaux utilisés dans le bâtiment, comme des briques, crépis, peintures murales et superficies pas trop "lisses", présentent cette caractéristique.



Si au niveau macroscopique la surface présente également une "brillance" (spécularité) partielle, la distribution de la lumière réfléchiée peut ne plus être égale dans toutes les directions, mais présente une direction préférentielle. L'observateur voit donc la zone illuminée par les rayons solaires de façon plus ou moins lumineuse suivant la position de son point d'observation.

Des exemples de surfaces de ce genre sont des marbres brillants, le bois brillant, certains vernis, les verres, les métaux brillants, même seulement en partie, etc. Au contraire, la lumière diffuse du ciel est réfléchiée de façon égale dans toutes les directions et donc, si la surface est illuminée seulement par elle, elle est vue également "lumineuse" d'un point quelconque où l'observateur la regarde.



▲ Réflexion avec Brillance partielle

Enfin si la surface est parfaitement réfléchissante (comme un miroir), la lumière réfléchiée ne peut être vue que dans la direction opposée à celle du Soleil. D'un point quelconque, il n'est pas possible de voir l'ombre. En réalité, elle n'est pas visible de la direction où les rayons du soleil sont réfléchis dans la mesure où on peut voir le soleil, il apparaît seulement la silhouette du gnomon contre le disque du Soleil. Il n'est donc pas possible de tracer un cadran solaire sur un "miroir" !

Il a été donné, ci-dessus, la définition de la réflexion et de la lumière incidente qui est réfléchiée.

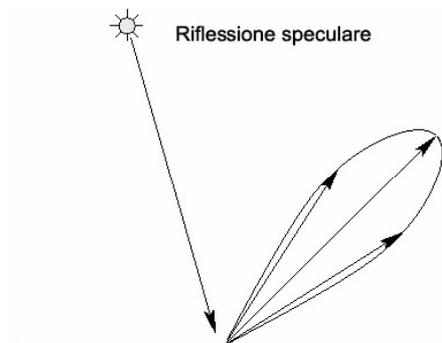
Sans entrer dans le domaine des propriétés spectrales de la lumière et des couleurs, il nous faut faire ici faire quelques observations sur cette propriété.

Puisque la réflexion d'une surface modifie, dans une même proportion, la quantité de lumière sortant de deux zones différemment illuminées, sa valeur n'agit pas sur le "contraste" entre ces zones. Seul dans le cas de surface avec une très basse réflexion (noir de fumée, velours noir), les flux lumineux sortant, s'ils sont encore proportionnels aux illuminations, deviennent très petits et tombent dans le champ où la loi de : W-F n'est plus valide. Dans ces cas, les valeurs du seuil sont supérieures aux valeurs déjà reportées et la visibilité d'une zone faiblement ombragée devient beaucoup plus difficile.

En Appendice B, sont reportées les valeurs de la réflexion de certains matériaux.

Comme conséquence, le contraste entre une zone dans l'ombre (illuminée seulement par la lumière diffuse) et une zone en plein Soleil varie suivant le point de vue de l'observateur et diminue si l'objet est regardé par exemple dans une direction normale aux rayons du Soleil. D'où une moindre visibilité et une difficulté de perception de l'ombre.

Ceci explique le phénomène bien connu qu'il est plus difficile de lire l'heure indiquée par l'ombre sur un cadran solaire en cuivre ou en métal luisant.



▲ Réflexion sur un miroir

Quelques curiosités sur l'ombre et sur la pénombre.

Pour terminer, je veux insister sur certains effets curieux et peu connus de l'ombre et de la pénombre.

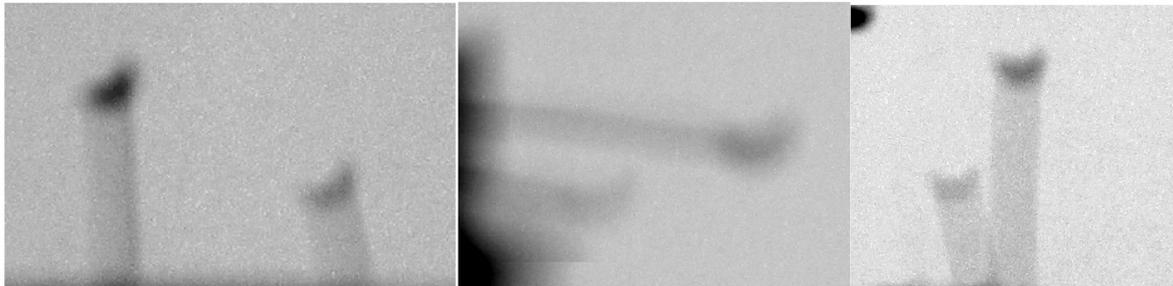
1) Si l'on met les mains face à la lumière du Soleil et que l'on fait rapprocher deux doigts l'un de l'autre on voit naître, presque à l'improviste, un pont obscur entre les deux doigts en contre jour qui semble se toucher même si, dans la réalité, il demeure encore un petit espace entre les deux doigts.

L'effet est dû aux deux zones de pénombre qui entourent ceux-ci et qu'à un certain point elles se superposent donnant lieu à une zone plus obscure. Des points de cette zone, on pourrait voir le disque du Soleil en partie obscurci par un doigt et en partie par l'autre. L'effet commence quand la distance entre les deux doigts est un peu inférieure à environ $L/107,5$.

2) Si on observe l'ombre des doigts d'une main et qu'on l'éloigne, on verra les doigts devenir toujours plus souples jusqu'à ce que l'espace entre elles disparaisse.

3) Comme cela a été dit au début, l'ombre d'un point a la forme de la source. Cela peut se vérifier en illuminant, avec une lampe à incandescence, la tête d'une épingle de bureau (petite sphère de : 2-3 mm de diamètre). L'ombre (très faible et difficile à voir) a la forme du filament à spirale de la lampe.

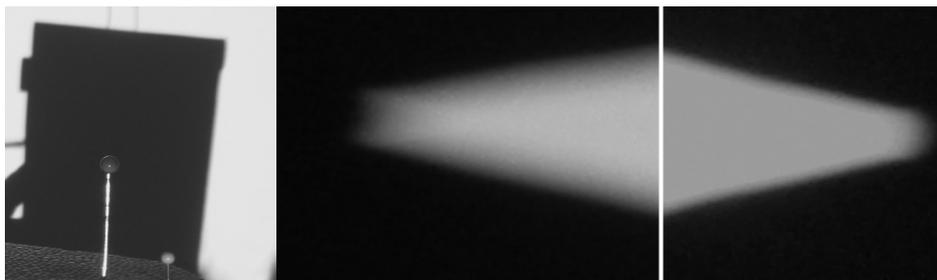
Une autre expérience est donnée en regardant l'ombre de la petite sphère de la tête d'épingle durant une éclipse de Soleil. On peut voir alors que l'ombre a la forme d'une demi-Lune, comme la partie illuminée du Soleil. On raconte que, durant une éclipse, il a été observé l'ombre en forme de demi-Lune d'un ballon, échappé des mains d'un enfant. Le même phénomène peut se présenter à l'aube ou au coucher du Soleil quand seule une partie du disque du Solaire pointe encore au-dessus de l'horizon.



▲ Exemples d'ombres de petites sphères durant l'éclipse du Soleil du 29/3/2006

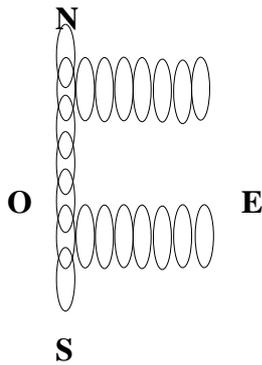
4) Si on entaille une feuille de papier dans une zone en forme d'angle aigu et si on regarde l'ombre de la feuille, on verra à l'intérieur que le sommet de l'angle est toujours arrondi. L'effet est plus grand quand le mur qui reçoit l'ombre est loin. Le point terminal de l'angle, en fait, ne produit pas l'ombre propre mais seulement un disque de pénombre de la même dimension $L/107,5$.

Le même phénomène peut être observé durant une éclipse de Soleil, le point terminal présente l'aspect de demi-Lune.



▲ Les sphères-Eclipse

▲ Ombre d'un angle opposé-Eclipse (photos 29/3/2006)



5) Si l'on observe l'ombre sur le sol, produite par des fils orientés N-S pour l'un E-O pour l'autre, quand on les éloigne du sol, à un certain moment, on verra disparaître l'ombre du fils orienté E-O, tandis que demeurera celle du fils N-S (la distance doit être au moins 500 fois le diamètre des fils). Le phénomène est dû au fait que chaque point des fils produit sur le sol une hélice de pénombre suffisamment allongée et de faible "obscurité".

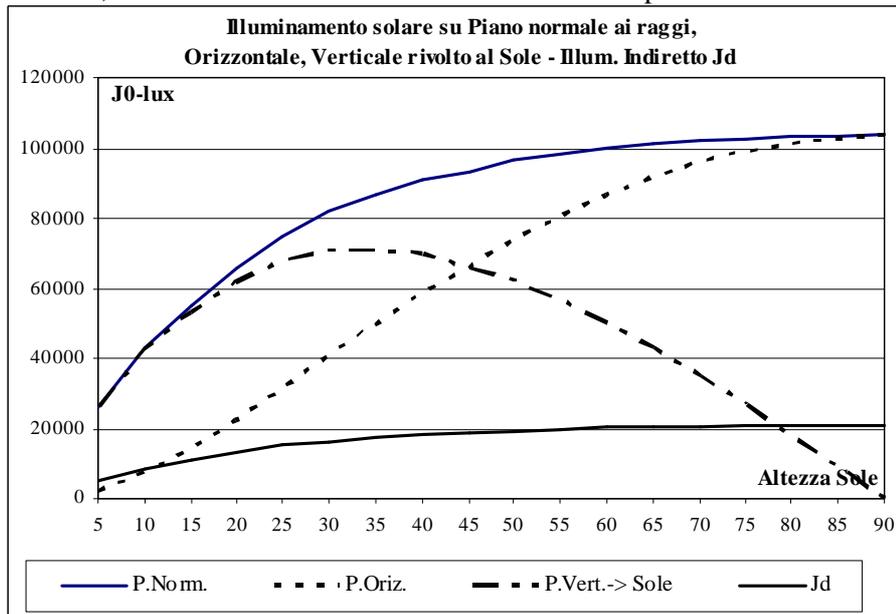
Tandis que les hélices de pénombre dues aux points du fils E-O ne se superposent pas, celles des points du fils N-S se superposent en provoquant une augmentation de l'"obscurité" complète.

ANNEXES

ANNEXE A

La luminosité J_0 due seulement aux rayons du soleil varie soit en fonction de la hauteur du Soleil sur l'horizon soit en fonction de l'inclinaison du plan recevant les rayons. Dans la figure ci-dessous sont tracés les variations de J_0 , avec une atmosphère claire, suivant la hauteur du Soleil, pour un plan parallèle aux rayons, pour un plan horizontal et pour un plan vertical tourné vers le Soleil (c'est-à-dire avec le même azimut que le Soleil). Dans le graphique est reporté aussi les variations de la luminosité indirecte J_d due au ciel.

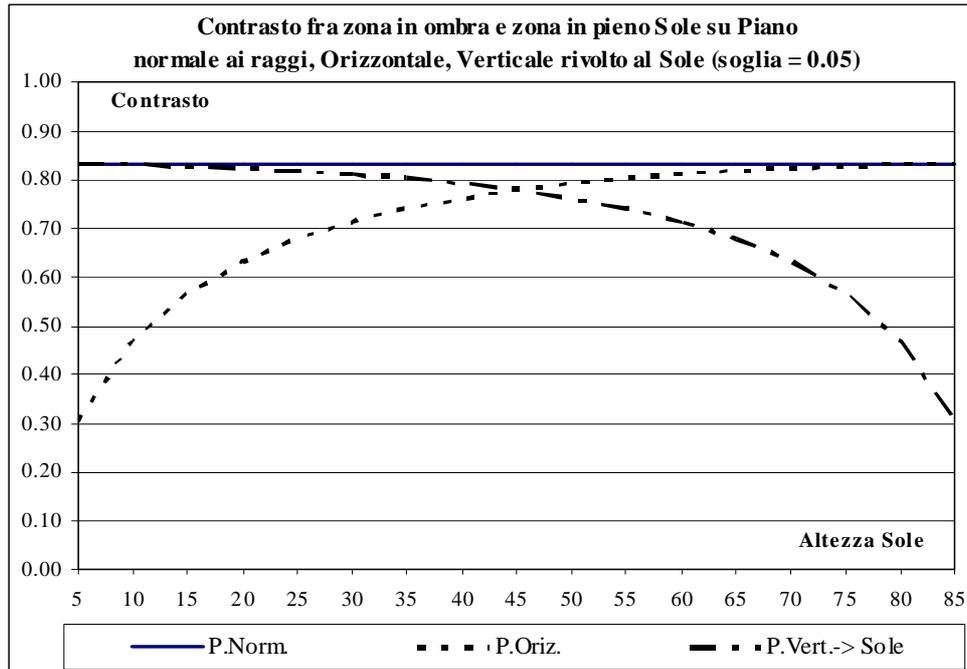
Evidemment, la luminosité totale d'une surface est donnée par la somme: $J_d + J_0$



Illumination solaire sur un Plan parallèle aux rayons,
Horizontal, Vertical tournée vers le Soleil-Illum. Indirecte : J_d

Le contraste entre la zone dans l'ombre et celle illuminée qui l'entoure varie aussi. Il varie avec la hauteur du Soleil sur l'horizon ou avec la variation de l'inclinaison du plan recevant la lumière. Dans la figure sont tracés les variations du contraste en fonction de la hauteur du Soleil pour un plan parallèle aux rayons, pour un plan horizontal et pour un plan vertical tourné vers le Soleil.

La valeur minimum du contraste pour pouvoir voir une différence de luminosité entre les deux zones (valeur de seuil) est environ égale à 0,05.



Le contraste entre la zone dans l'ombre et la zone en plein Soleil sur le Plan parallèle aux rayons, Horizontal, Vertical, tourné vers le Soleil (seuil =0.05)

ANNEXE B

Superficie	Forma della riflessione	Riflessione in percent. della luce incidente
Carbonato di magnesio	diffusa	93-98%
Neve	mista	93%
Intonaco (calce) bianco	diffusa	90-92%
Argento lucidato	speculare	87-92%
Alluminio o argento su vetro	speculare	80-90%
Vernice bianca	diffusa	75-88%
Fogli d'alluminio	speculare	85-87%
Carta bianca da filtro	diffusa	80-85%
Carta bianca patinata	mista	80%
Carta assorbente bianca	diffusa	70-80%
Alluminio ossidato anodicamente	mista	70-80%
Porcellana bianca lucida	mista	60-80%
Porcellana bianca opaca	diffusa	60-80%
Acciaio smaltato bianco	mista	60-70%
Cromo lucidato	speculare	62-67%
Acciaio inossidabile lucidato	speculare	55-65%
Nichelio	speculare	60-63%
Carta bianca ordinaria	diffusa	60%
Cromo opaco	mista	50-60%
Marmo	diffusa	40-60%
Tela bianca	diffusa	30-60%
Alluminio commerciale	speculare	53-55%
Legno bianco di quercia	diffusa	25-35%
Intonaco di calcestruzzo	diffusa	20-30%
Carta velina	diffusa	22%
Laterizi (mattoni)	diffusa	10-15%
Legno di quercia scura	diffusa	10-15%
Inchiostro tipografico nero	diffusa	10%
Carta da disegno nera	diffusa	5-6%
Nero fotografico su carta mat	diffusa	6%
Nero fumo	diffusa	1-3%
Nero fotografico su carta lucida	mista	2%
Inchiostro di China su carta	diffuso	2%
Tela nera	diffusa	1-1 1/2%
Legno impregnato nero	diffusa	1%
Velluto nero	diffusa	0,4%

Fig. 6.9 – Potere riflettente di qualche superficie usuale.

ANNEXE C

Diamètre de l'ellipse-ombre produite par une sphère sur un plan vertical déclinant.

On a un plan vertical déclinant avec une déclinaison α et un style orthogonal terminé par une sphère de diamètre D et de centre G . La longueur du style orthogonal H est la distance du centre G de la sphère au plan.

Soit :

◦ Az , l'Azimuth et h la hauteur du Soleil au moment du calcul.

◦ x, y les coordonnées cartésiennes du point P où tombe l'ombre du point G .

◦ β l'angle que le rayon du Soleil passant par G forme avec le plan.

◦ L la distance entre le point-ombre P et G

◦ a, b les demi-axes de l'ellipse de l'ombre géométrique.

Considérant un Soleil ponctuel, on a les relations :

$$x = -H \cdot \tan(Az - \alpha)$$

$$y = H \cdot \frac{\tan(h)}{\cos(Az - \alpha)}$$

$$\tan(\beta) = \frac{H}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

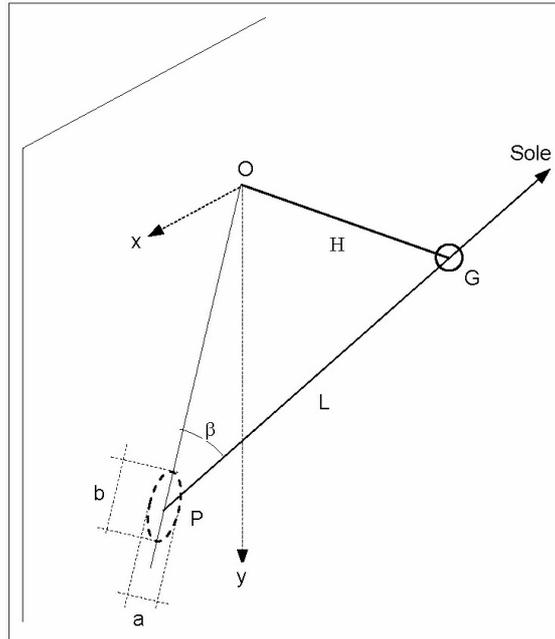
$$L = \frac{H}{\cos(\beta)} = \sqrt{x^2 + y^2 + H^2}$$

$$a = D \quad b = \frac{D}{\sin(\beta)}$$

En raison du diamètre du Soleil l'ombre est formée d'une ellipse centrale d'ombre vraie (axes : a_1, b_1) et d'une externe de pénombre (axes : a_2, b_2) où :

$$a_1 = D - L/107.5 \quad b_1 = \frac{(D - L/107.5)}{\sin(\beta)} \quad a_2 = D + L/107.5 \quad b_2 = \frac{(D + L/107.5)}{\sin(\beta)}$$

La largeur de l'anneau de pénombre va de $\frac{L}{107.5}$ à $\frac{L}{107.5 \cdot \sin(\beta)}$



ANNEXE D

Forme de la tache de lumière produite par un trou circulaire sur un plan vertical (Hypothèse où le Soleil est considéré comme ponctuel).

Considérons un trou circulaire réalisé sur une plaque appartenant à un plan incliné et déclinant ainsi qu'un plan vertical déclinant : les rayons du Soleil qui traversent le trou vont frapper le plan formant sur lui une tache de lumière.

Etant donné que le trou "est vu" du Soleil, comme une ellipse, le pinceau formé par les rayons, a lui aussi une section normale à l'axe de forme elliptique. Enfin ce pinceau écrasé coupe le plan vertical encore dans une ellipse dont les axes ont une longueur et une inclinaison qui dépendent de manière complexe des angles entre les divers éléments : plan, plan du trou, direction des rayons du Soleil.

Supposons que:

- le Soleil soit ponctuel et que ses rayons, soient tous parallèles,
- soient F est le point de rencontre de l'axe du trou avec le plan et H la distance du centre C du trou du même plan,

- soient Az_Plan et Az_Trou , les déclinaisons du plan vertical et du plan contenant le trou

- soit α la déclinaison du plan du trou par rapport au plan vertical, c'est à dire :

$$\alpha = (Az_Plan - Az_Trou).$$

- soit : β l'inclinaison du plan du trou par rapport à la verticale, c'est-à-dire l'angle que forme l'axe du trou avec le plan horizontal : $\beta = 0^\circ$, si le trou est vertical : $\beta = 90^\circ$, si le trou est horizontal.

Considérons sur le plan, un système d'axes orthogonaux avec:

- comme origine O le pied de la normale au plan du centre du trou (style orthogonal)
- l'axe x, appartenant au plan vertical, horizontal et positif vers la gauche
- l'axe y, appartenant au plan vertical, vertical et positif vers le bas.

Un rayon de Soleil, avec pour azimuth = Az_Soleil et pour hauteur sur l'horizon = η , passant par le centre C du trou, frappera le plan vertical au point S.

Nous indiquons par γ l'azimut du rayon par rapport au plan c'est-à-dire:

$$\gamma = \text{Az_Plan} - \text{Az_Soleil},$$

On a les résultats suivants :

° Cosinus directeur de la droite CF:

$$m1 = \text{sen}(\alpha) \cdot \text{cos}(\beta); \quad m2 = \text{sen}(\beta); \\ m3 = -\text{cos}(\alpha) \cdot \text{cos}(\beta)$$

° Cosinus directeur de la droite CS:

$$n1 = \text{sen}(\gamma) \cdot \text{cos}(\eta); \quad n2 = \text{sen}(\eta); \\ n3 = -\text{cos}(\gamma) \cdot \text{cos}(\eta)$$

° Angle entre les droites CF et CS:

$$\text{cos}(\vartheta) = m1 \cdot n1 + m2 \cdot n2 + m3 \cdot n3$$

° Coordonnées du point F :

$$\left\{ H \cdot \tan(\alpha), H \cdot \frac{\tan(\beta)}{\text{cos}(\alpha)} \right\} = \left\{ -H \cdot \frac{m1}{m3}, -H \cdot \frac{m2}{m3} \right\}$$

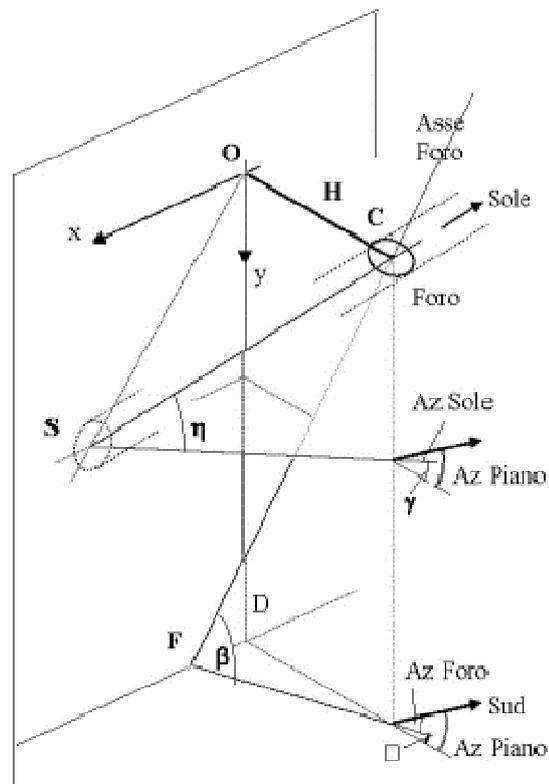
$$\left\{ H \cdot \tan(\gamma), H \cdot \frac{\tan(\eta)}{\text{cos}(\gamma)} \right\} = \left\{ -H \cdot \frac{n1}{n3}, -H \cdot \frac{n2}{n3} \right\}$$

Droite OS $y = \frac{n2}{n1} \cdot x = \frac{\tan(\eta)}{\text{sen}(\gamma)} \cdot x$

Distance CS: $\overline{CS} = \left| \frac{\rho}{n3} \right|$

Equation du plan du trou: $m1 \cdot x + m2 \cdot y + m3 \cdot (z - H) = 0$

Equation de la parallèle au trou pour C: $\frac{x}{n1} = \frac{y}{n2} = \frac{z - H}{n3}$



Le plan : CFS contenant la normale au trou et le rayon du Soleil coupe le plan vertical longe la droite FS. Equation du plan CFS $x \cdot l1 + y \cdot l2 + (z - H) \cdot l3 = 0$ avec

$$l1 = (m2 \cdot n3 - m3 \cdot n2) / \sqrt{A}; \quad l2 = (m3 \cdot n1 - m1 \cdot n3) / \sqrt{A}; \quad l3 = (m1 \cdot n2 - m2 \cdot n1) / \sqrt{A}$$

$$\sqrt{A} = \sqrt{(m2 \cdot n3 - m3 \cdot n2)^2 + (m3 \cdot n1 - m1 \cdot n3)^2 + (m1 \cdot n2 - m2 \cdot n1)^2}$$

Equation de la droite SF: $y - y_s = -\frac{l1}{l2} \cdot (x - x_s)$

Avec quelques calculs, on trouve les formules suivantes qui permettront d'obtenir les valeurs du grand axe et du petit axe de l'ellipse dans laquelle le trou est projeté sur le plan et les inclinaisons de ces axes par rapport au système Oxy.

Cosinus directeurs de la droite normale à CS qui appartient au plan CFS:

$$j1 = n3 \cdot l2 - n2 \cdot l3; \quad j2 = n1 \cdot l3 - n3 \cdot l1; \quad j3 = n2 \cdot l1 - n1 \cdot l2$$

Angle auxiliaire τ : $\tan(2 \cdot \tau) = \frac{\text{cos}(\theta) \cdot l3 \cdot j3}{\text{sen}^2(\theta) \cdot n3^2 + l3^2 - \text{cos}^2(\theta) \cdot j3^2}$

La relation précédente donne deux valeurs: τ_1 et $(90 - \tau_1)$. L'une sert pour déterminer la valeur du petit axe et l'autre pour le grand axe de l'ellipse image.

Si (xM, yM) sont les coordonnées d'un de ces points, on trouve :

$$xM - xS = -D \cdot \text{cos}(\tau) \cdot \frac{j2}{n3} + D \cdot \text{sen}(\tau) \cdot \text{cos}(\theta) \cdot \frac{(j1 \cdot n3 - j3 \cdot n1)}{n3}$$

$$yM - yS = D \cdot \cos(\tau) \cdot \frac{j1}{n3} + D \cdot \sin(\tau) \cdot \cos(\theta) \cdot \frac{(j2 \cdot n3 - j3 \cdot n2)}{n3}$$

où : D est le demi-diamètre du trou et θ est l'angle entre le rayon et la parallèle au trou.

$$\text{La longueur de l'axe est : } \sqrt{(xM - xS)^2 + (yM - yS)^2}$$

$$\text{L'inclinaison est : } = \frac{yM - yS}{xM - xS}$$

Exemple :

$$\alpha = 20^\circ; \beta = 30^\circ; \gamma = 40^\circ; \eta = 60^\circ; D = 1$$

$$\tau1 = -14.0036^\circ; \tau2 = +75.9964^\circ \quad \theta = 32.8692^\circ$$

Grand axe = 2.2107 incliné de : +67.5° Petit axe = 0.9919 incliné de -22.5°

On peut démontrer la propriété suivant: le diamètre d'un trou parallèle au plan vertical est projeté d'une longueur inchangée D. La projection sur le plan vertical de ce diamètre - long D - passe par le point : S et est perpendiculaire à la ligne : CF.

Formules Approximatives

Si l'inclinaison des rayons du Soleil sur le plan n'est pas très importante (inférieure à 20 - 30° environ) les formules suivantes donnent des valeurs des axes de l'ellipse et de ses pentes suffisamment proches des valeurs exactes (erreur inférieure à environ 10% sur les longueurs des axes et à environ 10° sur les pentes).

$$\text{Petit axe} = D \quad \text{Grand axe} = D \cdot \frac{\cos(\eta - \beta)}{\cos(\eta) \cdot \cos(\gamma)} \quad \text{Pente } \pi: \quad \tan(\pi) = \frac{\tan(\eta)}{\sin(\gamma)}$$

Cette pente est celle de la droite OS et donc l'ellipse à environ son grand axe sur cette droite.

Exemple : Avec les données de l'exemple précédent et avec les formules approximatives on trouve les valeurs :

Grand axe = 2.26103 avec une erreur de 2.27%; inclinaison = 69.6° avec une erreur de 2.1°.
Petit axe = 1.00 avec une erreur de 0.81%.

Cas particulier - Azimuth du plan vertical, du trou et du Soleil égaux : $\alpha = \gamma = 0$

Si le plan du trou a la même déclinaison que le plan vertical, et que le Soleil "est en face" du plan, c'est-à-dire que ses rayons appartiennent à un plan normal au plan vertical, alors on a : $\alpha = \gamma = 0$

Dans ce cas l'angle θ entre l'axe du trou et le rayon du Soleil vaut : $\theta = \eta - \beta$ (avec $\eta - \beta$ en valeur absolue), la tache de lumière sur le plan est une ellipse avec un petit axe mineur horizontal de longueur = D et le grand axe vertical de longueur $D \cdot \frac{\cos(\eta - \beta)}{\cos(\eta)}$

Un cas comme celui-ci se présente lorsque le plan et le trou sont orientés vers le Sud et que le Soleil est sur le Méridien pour lequel: $\eta = 90 - \varphi + \delta$. Si l'axe du trou se trouve sur l'Equateur céleste $\beta = 90 - \gamma$ et donc l'axe vertical a une longueur $= D \cdot \frac{\cos(\delta)}{\sin(\varphi - \delta)}$

BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. Minnaert – The nature of light and colour – Dover Publ. – New York 1954
- [2] Gianni Ferrari – Lo Shadow Sharpener – Gnomonica Italiana n. 3 – Ottobre 2002 – p. 32-35 The Shadow Sharpener – The Compendium – December 2002 – p. 6-11
- [3] Gianni Ferrari – L'ombra e la penombra di un elemento rettilineo – Gnomonica Italiana n. 4 – Febbraio 2003 – pagg. 34-38 The shadow & penumbra of a rectilinear element -The Compendium - March 2003 - p. 3-8
- [4] Gianni Ferrari – Il foro delle meridiane a camera oscura. Considerazioni – Atti del XII Seminario Nazionale di Gnomonica – Rocca di Papa 2003 – p. 83-98
- [5] Gianni Ferrari – L'immagine del Sole nelle meridiane a camera oscura – Giornale di Astronomia – Vol. 32 – n. 1 – Marzo 2006 – p. 37-45



Instrumentes solaires de la Rome ancienne

Par A. Gotteland

J'ai écrit des articles sur les instruments solaires en Égypte, à Malte, au Pérou, à Athènes, chez les Mayas et en Chine. Pour Rome, j'ai étudié le livre de Sharon L. Gibbs et les documents que m'ont envoyés : Nicola Severino, Enrico del Favero, Nicoletta Lanciano et Jérôme Bonnin.

- Les Romains:

Ayant souvent cru leur dernière heure arrivée, les Romains se livraient à des calculs savants et à des prédictions, pour s'assurer que Rome vivrait encore.

Pendant plusieurs siècles, ils ne se sont pas préoccupés du temps qui passe. Les Pontifes archivaient les tablettes où ils inscrivaient les événements. Plus tard, les empereurs ne pourront plus se passer de leurs astrologues.

Leur conception du calendrier était très imprécise. Seuls suffisaient quelques points de repères : le lever et le coucher du Soleil, le zénith et les signes donnés par la nature.

Les Romains fondaient la division de l'année, en douze mois de trente jours et observaient les phénomènes saisonniers. La nature leur fournissait tous les renseignements utiles. Le paysan observait le coucher du Soleil.

Le jour se répartissait également de part et d'autre du zénith. Midi correspondait toujours au début de la septième heure et jusqu'au IV^e siècle avant notre ère. Les heures étaient toujours : 6 le matin et 6 l'après-midi. La nuit était divisée en 4 veilles de 3 heures chacune, réparties également de part et d'autre de minuit.

Ils observaient les phases de la Lune, avec ses trois mots-clés : « Calendes », « Nones » et « Ides ». Seuls comptaient pour eux les points de repère « naturels », variables selon les saisons : le lever et le coucher du Soleil. Les fêtes publiques, étaient au nombre de 61 dans l'année.¹

Pour mesurer le temps, les romains ont utilisé des horloges à eau, solaires, coniques, sphériques, à heures interrompues, à hémicycle, des cadrans solaires, des obélisques, des oculus, des gnomons, des scaphés, des variantes de scaphés, des cubes évidés, des héliotropes et des méridiennes.

- Instruments solaires actuels de Rome

Les obélisques

Trois d'entre eux agrémentent, aujourd'hui, les places de Rome : celles de Saint-Pierre, Navona et de la Rotonda.

En 1587, des fouilles furent réalisées dans le Grand Cirque. On y trouva l'obélisque de Constantin à 7 mètres de profondeur, cassé en trois morceaux qui fut alors érigé sur la place Saint-Jean de Latran, où il se trouve encore.

Les autres se trouvent à l'Esquila du Latran, devant l'église Santa Maria sopra Minerva, aux jardins de la Villa Celimontana, au Quirinal et au sommet de l'escalier de la Trinità dei Monti, sur le Pincio.

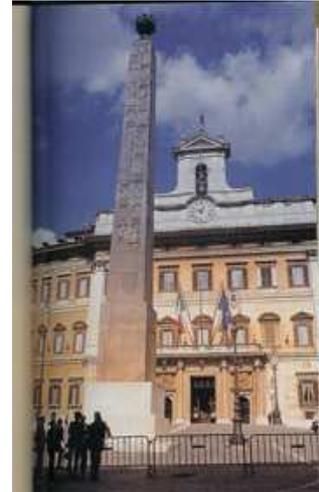
¹ROBERT (Jean-Noël), *Rome, Guide de Belles lettres des civilisations*, 2004, p, 141-142

Pie VI fit dresser l'obélisque de Termini, relégué dans un petit parc, derrière la gare, devant le Parlement, sur la place du Quirinal. Il servait autrefois de gnomon au cadran solaire géant du Champ de Mars.

Après la conquête romaine d'Égypte, plusieurs obélisques furent transportés à Rome, en guise de trophées, afin d'être dressés devant des temples et des mausolées ou pour orner la « spina » des cirques.

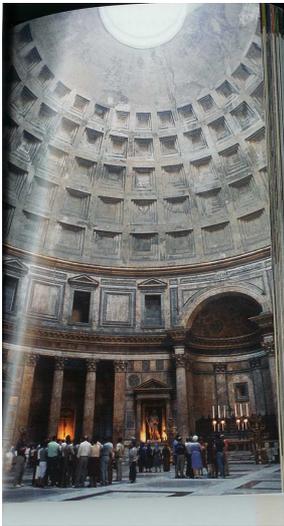
Certains furent pris à des temples égyptiens, comme celui de Saint-Jean de Latran qui provient du temple de Karnak. D'autres ont été fabriqués à l'époque romaine, tel l'obélisque de la Trinité des Monts.

Délaissés au Moyen Âge, les obélisques s'écroulèrent. Les Papes de la Renaissance restaurèrent ces imposants monolithes, afin de les dresser devant les principaux édifices religieux de Rome où on peut encore les admirer aujourd'hui.



Obélisque de la place Saint-Pierre

Les Empereurs romains victorieux et leurs émissaires ramenèrent d'Égypte des **obélisques**, en guise de trophées.



L'oculus du Panthéon

Oculus

Dans l'Antiquité, le repérage des équinoxes avait lieu du 21 mars au 21 septembre, dates auxquelles le jour dure autant que la nuit.

Dans le Panthéon, édifié entre 118 et 125, un grand oculus, au sommet de sa coupole, était destiné à l'observation astronomique.

Les solstices d'été, les 21 juin et d'hiver, les 22 décembre, revêtaient une grande importance pour l'agriculture, le calendrier et les célébrations religieuses.

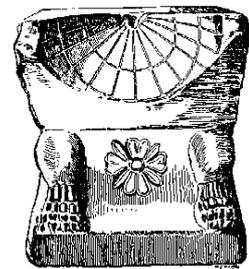
Tous les 21 juin, à midi, un rayon de Soleil traversait cet oculus et éclairait le sol devant l'entrée principale.

Instruments solaires trouvés à Rome

Ils peuvent être Sphériques, Sphériques variant, Coniques, Horizontaux, Verticaux Cylindriques et Sphériques, Cylindriques, Hémisphériques, Incurvés ou des Globes.

Sphériques

Les surfaces recevant l'ombre de ces instruments sont généralement bien conservés.. Les lignes des heures et les courbes des jours indiquent que les constructeurs plaçaient toujours le **gnomon** sur la surface sphérique, mais non au centre ou sur cette surface sphérique. Mais dans la plupart des cas, ils sont perdus.



Sphériques

Sphériques variant

Ils sont semblables aux cadrans solaires sphériques, mais ils varient.

Coniques

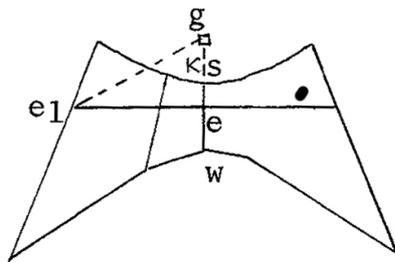
La construction des cadrans solaires coniques est très savante. Elle exige des théories mathématiques avancées et suppose des observations astronomiques.

En effet, ils sont formés par la surface concave d'un cône circulaire droit. Ainsi des heures temporaires égales se traduisent par des chemins égaux de l'ombre de l'extrémité du style. Il faut tout à la fois que l'axe du cône soit parallèle à l'axe du monde, c'est-à-dire dans une direction perpendiculaire au plan de l'équateur et que l'extrémité O du style coïncide exactement avec un point de l'axe du cône.

Leur construction exigeait donc l'observation préalable de la latitude du point où il devait être placé et la détermination, au moins géométrique, de la longueur à donner au style pour satisfaire à la seconde des conditions précédentes. La surface de ces **cadran solaire** était en réalité une section de surface conique, car on supprimait, dans la construction, toute la partie du cône au-dessus du plan de style. De plus, ils se terminaient au Sud par un plan parallèle à l'équateur.

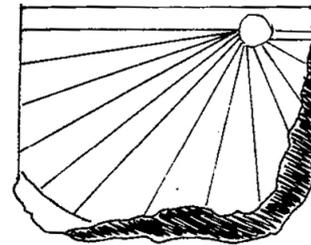
Les lignes temporaires divisaient la surface conique en douze parties égales. Les anciens y portaient la route de l'ombre aux équinoxes et aux solstices et parfois aussi les routes de l'ombre à d'autres moments de l'année. Dans ce dernier cas, le **cadran solaire** était appelé « conarachné » et rappelait l'« arachné » d'Eudoxe de Cnide. Le plus souvent l'ouverture du cône se présentait au Midi, parfois aussi au Nord.

Horizontaux



Horizontaux

Les cadrans solaires horizontaux ont une tige qui est toujours droite. Les Grecs et les Romains les utilisaient pour limiter le temps de parole dans les discours.



Verticaux

Verticaux

Les cadrans solaires verticaux ont une tige toujours droite. Les Grecs et les Romains les utilisaient pour limiter le temps de parole dans les discours.

Les cadrans solaires Cylindriques, Cylindriques et Sphériques, Hémisphériques, Incurvés et les Globes ont un gnomon placé au centre.

Scaphés

Ils furent imaginés, au III^e siècle av. J.C., par l'astronome Bérosee. C'était un cadran solaire hémisphérique, parcouru par l'ombre d'un gnomon, censé reproduire le déplacement du Soleil dans le ciel.

Un quart de sphère était creusé dans un bloc de pierre, surmonté d'un style horizontal et sillonné de courbes, faisant songer à une toile d'araignée. Le plus souvent, ces **scaphés** étaient divisés par 3 lignes horizontales, indiquant les diverses périodes de l'année, comme les équinoxes et les solstices et par 11 lignes verticales, créant ainsi 12 parties, chacune correspondant à 1 mois.

*

Sharon L. Gibbs « *Greek and Roman Sundials* »,
Yale University Press, New Haven and London, 1976

Dans son livre, Sharon L. Gibbs explique comment elle a étudié et classé les instruments solaires qu'elle a trouvés et analysés et décrits.

Elle a remarqué que les excavations archéologiques ont souvent permis de découvrir un ou plusieurs objets en pierre qui peuvent être des cadrans solaires. Quelques-uns en métal sont maintenant dans les sites archéologiques, autour de la Méditerranée ou dans des Musées.

Elle parle de 25 pays en : Allemagne, Algérie, Arabie, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Cité du Vatican, Delos, Espagne, France, Grande-Bretagne, Grèce, Hollande, Italie, Lybie, Maroc, Tunisie, Olympie, Roumanie, Soudan, Suisse, Turquie et Yougoslavie. Mais nous ne retiendrons que ceux de la Rome ancienne.

Elle a trouvé 6 sortes d'instruments : sphériques, hémisphériques, incurvés, sphériques variants, sphériques non terminés, coniques et six fragments. Certains sont dans des lieux inconnus. Nous ne retiendrons que ceux de Rome.

Marcus Vitruve

Architecte romain du 1^{er} siècle av. JC., il est la référence pour la réflexion et la pratique architecturale, de la Renaissance jusqu'à la période classique-baroque. Le seul livre d'architecture qui soit parvenu de l'Antiquité est le sien. Les cadrans solaires trouvés par lui portent, en général, le nom de leurs constructeurs.

Instruments solaires trouvés par Gibbs

Voici les **vingt-un instruments** qu'elle a trouvés à Rome, avec leur lieu de conservation et l'endroit où ils ont été trouvés :

1016G - Musée national romain à Rome-Trouvé à Riani, en 1949

1035G - Cour du Musée national romain à Rome

1036G - Cour supérieure du Palais des Conservateurs à Rome-Trouvé près de Castelnuovo, en 1751.

1037G - Cour octogonale du Musée du Vatican, n° 939, Cité du Vatican

1038G - Cour octogonale du Musée du Vatican, Cité du Vatican

1061G - Galerie des Candélabres, Musée du Vatican, Cité du Vatican-Trouvé à Ostie, en 1858.

2021G - Cour orthogonale du Musée du Vatican, Cité du Vatican

2022 - Antiquarium Palatine à Rome

3077G - Musée du Vatican, Cité du Vatican

3078G - Magazine de Sculpture, n° 3179, Musée du Vatican, Cité du Vatican

3079G - Cour octogonale, n°929, Musée du Vatican, Cité du Vatican

3080G - Cour du Musée national romain à Rome

3084G - Cour orthogonale, n° 949, Musée du Vatican, Cité du Vatican-Trouvé en Palestine en 1786

7004G - Cour du Musée national romain à Rome-Trouvé près d'Herculanum, en 1769

4008G - Collection du Musée Lateran, Musée du Vatican, n°10446, Cité du Vatican-Trouvé, en 1814, près de la via Appia à Rome

4009 - Musée national romain, n° 40621 et 40642 à Rome

5024 - Musée national romain à Rome, mais perdu

7006G - Cour orthogonale, n°946, Musée du Vatican, Cité du Vatican

1068-G - Galerie des Candélabres, Musée du Vatican, Cité du Vatican-Trouvé rue Palombara dans l'Esquilin, en 1805

7004G - Cour du Musée national romain à Rome

1061G - Galerie des Candélabres, Musée du Vatican, Cité du Vatican

Sharon L Gibbs a vu un cadran solaire du Musée du Palatino à Pompei, une variante sphérique, avec le n°2022, mais ne fait pas référence à un second cadran solaire sphérique variant qui semble avoir un gnomon central dont l'Encyclopédie italienne Treccani rapporte la photo qu'on peut voir ci-après.



C'est un beau cadran solaire en marbre sur une colonne avec des lignes horaires et solsticiales, en parfait état de conservation, mais on ne sait pas s'il existe encore au Palatino ou s'il a disparu.



◀ Musée du Palatino

Scaphé

Instruments non présents dans Sharon L.Gibbs

Ces instruments solaires peuvent être appelés : scaphés, variante de scaphé, cube évidé, héliotrope, cadran solaire. Mais certains ne sont pas encore publiés.

Le scaphé

L'ombre toute entière du style procure une information complète et non plus seulement sa pointe. En cas de casse du style, si un morceau reste fiché dans la pierre, l'instrument est toujours utilisable

*

Les Grecs ont remarqué que la pointe de l'ombre, par principe, ne sortait jamais des lignes solsticiales.

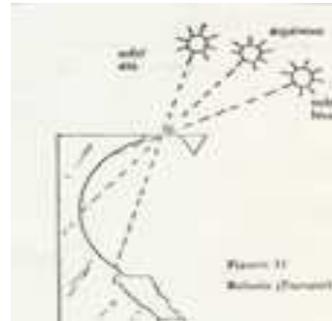
Une grande partie de la pierre pouvait ainsi éventuellement servir à d'autres usages et le travail en était facilité. Cette pointe était pratiquée dans la paroi supérieure horizontale. Le temps y inscrivait son ombre sur les graduations des demi-sphères et demi-cylindres creusés dans la pierre.



Variante de scaphé

D'inspiration romaine, cet instrument capte le rayon solaire par une fine ouverture.

◀ Variante de scaphé ▶



Cube évidé

Il est dressé sur une stèle et conservé au Musée Dauphinois de Grenoble.

L'héliotrope du Champ de Mars

Cet instrument a été appelé ainsi par le mathématicien Facundus Novius qui avait établi des règles pour l'ombre d'un obélisque. Sur une longueur totale égale à celle de l'ombre méridienne de la colonne, au solstice d'hiver, il était placé sur un pavage de pierres. Des réglettes d'airain incrustées, servaient à marquer, chaque jour, le raccourcissement de l'ombre. Malheureusement, à l'époque de Pline, cet héliotrope ne fonctionnait plus, de manière correcte, depuis environ 30 ans.



Cube évidé

Un cadran solaire horizontal a été retrouvé à Rome dans les excavations de Sante Amendola, réalisé, de façon moderne, par Settele et transformé en sphérique à toit.

Sur une image du Capitole au Forum, on peut intrevoir de profil un cadran solaire sphérique à toit au milieu de quatre colonnes du temple.

Mario Catamo a signalé un cadran solaire conique sur la Tour Flavia. C'est une collection privée.

La Villa Rusinella, Musée des Termes, à Tuscolo, a été décrite par Boscovich en 1746 et Dario Giorgetti, en 1976.

Un cadran solaire sphérique est catalogué dans cette section.

*

Nicola Severino, site : www.nicolaseverino.it : « *De monumentis gnomonicis apud Graecos et Romanos* ».

CD-R « *Orologi Solari Greco-Romani* ». Mise à jour du catalogue de Sharon Gibbs. Au cours de l'été 2003, Nicola Severino a commencé à étudier la possibilité d'étendre ses recherches des sites gnomoniques romains dans la région de Rome et de Pompei, les deux sites du Centre-Sud de l'Italie, étant plus riches en ces matériaux.

Ses recherches ont été effectuées, d'un point de vue documentaire, par des visites méthodiques, guidées par les fonctionnaires de la « Soprintendenza per i Beni Culturali ».

Après deux années d'intense travail d'archives, d'évaluations, d'études et d'analyses documentaires et historiques, il est arrivé à la publication d'un CD-R.

Il a voulu son titre en latin, après la suggestion du bibliothécaire de Montecassino, le Père Gregorio, parce qu'il le sentait bien indiqué pour rendre hommage aux différents répertoires, trouvés dans les musées et réserves

de la Soprintendenza. Ce sont des repères romains qu'il a voulu utiliser dans la langue de leur temps, pour les lui présenter dans son travail.

En 2007, il a vécu, parfois, des situations de léger caractère de recherche et était évidemment le James Bond de la gnomonique, mais il doit dire qu'il a été heureux de rencontrer sur sa route des personnes qu'il n'était pas facile de rencontrer et qui sont la dernière espérance pour des personnes de son genre. Sans leur incroyable sensibilité et collaboration, il n'aurait jamais pu atteindre un tel résultat.

Il désire remercier tout de suite la Directrice, Mme Pagliardi et la Consegnataria, dott. Panatta, du Musée National Romain des Thermes de Dioclétien à Rome, où il a pu trouver et étudier 16 horloges solaires, souvent non présentes dans Gibbs.

Le Directeur des Musées du Vatican, le Dr. Francesco Buranelli, grâce à une collaboration réciproque, lui a permis de publier des méridiennes des Musées du Vatican.

La Dottoressa Sharon Gibbs, l'a remercié de les avoir, après 30 ans, remis sous la lumière des réflecteurs, avec tant d'amour. Il a pu utiliser des matériaux publiés dans son, désormais rarissime, « *Greek and Roman Sundial* », publié en 1976.

Pratiquement, il a suivi ses pas et a passé et repassé, avec son livre à la main, comme Schliemann, à la recherche de Troyes, avec Homère, sous le bras. Il a visité les mêmes lieux où Gibbs avait été, pendant l'été 1971, pour les sites de Rome, du Vatican et de Pompei.

Un dernier grand remerciement à Peppino Cesarano et Ciro Sicignano pour leur recherche des horloges solaires dans les sites de Pompei et d'Erculanum.



Italia, Roma, Palatino. Gibbs 2022.

Une expérience extraordinaire a été de retrouver et toucher avec les mains, tous ces monuments gnomoniques de l'ancienne Rome. Certains ont encore le grand privilège de conserver intégralement leur gnomon original. Dans certains exemplaires horizontaux de Pompei, les repères ont été conservés de façon parfaite, grâce à la particularité du site.

Le gnomon de bronze et son étrange forme triangulaire, en forme d'obélisque, conserve encore une coulée de plomb fondu, originale pour le stabiliser dans le trou. Il a été incroyable de découvrir que les Romains utilisaient, pour leurs horloges horizontales des gnomons inclinés, probablement parallèles à l'axe terrestre !

Cour Octogonale du Musée du Vatican

Ses instruments, très intéressants, peuvent être découverts, en lisant le CD-R de Nicola Severino : « *Orologi Solari Greco-Romani, Aggiornamento al catalogo di Sharon Gibbs* »

Son index offre des sites à visiter :

A Pompei, aux Musées Vaticans et au Musée Archéologique Romain des Thermes de Dioclétien-Delos, on peut voir les horloges solaires décrites par Deonna-Tenos et l'horloge d'Andronico Cirreste du Musée du Louvre.

Quelques images de 5 horloges solaires sont conservées au Louvre, ainsi que le texte des échelles des horloges solaires, conservées à la Soprintenza delle Marche.

Plusieurs horloges solaires greco-romaines ont été retrouvées dans des sites Internet.

Les photos des horloges solaires, ont été publiées par Gibbs, dans « *Documents historiques-Woepcke* »-Galerie des Images de haute qualité.

Comme on le voit, certains de ces liens proposent des arguments pratiquement méconnus actuellement, dans la gnomonique occidentale, comme la relativement petite histoire des méridiennes romaines, trouvées en Bulgarie, pour lesquelles Gibbs ne rapporte que deux fiches.

Souvent, des dessins ou images de méridiennes sont rapportés, pour lesquelles Gibbs n'a publié qu'une fiche sans photo.

Dans les documents historiques, on peut lire divers travaux dans la langue originale. La page dédiée à Woepcke concerne son étude mathématique en latin sur l'horloge sphérique à toit, conservée dans le Musée Archéologique de Berlin. Il l'a transcrite patiemment, en mettant à dure épreuve sa passion pour la gnomonique !

Presque toutes les horloges décrites dans les relevés de la « *Soprintendenza delle Marche* » sont aujourd'hui méconnues.

Informations :

Dimension du document total : environ 280 Mb ; Groupements hypertextuels : environ 3970 ; Images totales : 1769 pour une dimension de 205 Mb ; Total des documents : 2031

Statistiques des horloges solaires :

De Pompei	32	Du Musée du Louvre	5
D'Ercolano	3	Des Marches	7
Des Musées du Vatican	10	De différents sites Internet	environ 13
Du Musée National Romain	16	De Bulgarie	12
De Delos	24		

Au total, sont décrits d'autres cent horloges solaires, dont cinquante ne sont pas présentes dans Gibbs.

Dans ce CD-R, il est possible d'admirer les plus belles images de méridiennes romaines, jamais vues jusqu'à présent.

*

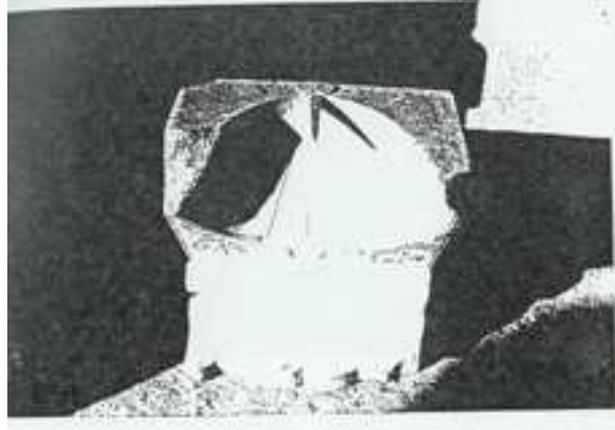
Nicoletta Lanciano : Professeur Associée de l'Université de Rome « La Sapienza » :
« *Sur deux horloges solaires d'Oplontis non présents dans l'oeuvre de Gibbs* », Catamo M., Lanciano N., Locher K., Lombardero M., Valdés M., 2000,
« *Fifteen further Greco-Roman sundials from the Mediterranean area and Sudan* », Journal for the History of Astronomy, p 203-221,
« *L'occhio di luce: il Pantheon* », Del Monti C., Lanciano N., 1990, Il Manifesto, 22 luglio.

Ne sont pas présents, dans le livre de Gibbs, de récentes excavations qui ont mis à la lumière 2 **horloges solaires**, trouvées dans la région d'Oplontis, probablement une zone résidentielle, avec de grandes villas et des thermes, mais détruites, en 79 Dc, à cause de l'éruption du Vésuve.

Dans le magasin, se trouve une horloge conique de la « Villa A », appelée « Villa di Poppea », trouvée en 1973 et une sphérique de la « Villa B » ou « Villa di Crasso », trouvée en 1982.

Toutes les deux sont conservées dans les magasins de leurs villes respectives, sous la garde de la Surintendance Archéologique de Pompei.

L'horloge conique, en marbre blanc, cassée sur le côté droit est décorée de deux petites roses et d'une face de Lune, comme Gibbs l'écrit aux n° 3022 et 1059.



Horloge conique

L'horloge sphérique se trouve dans l'actuelle rue G. Murat. Son toit est en marbre blanc. Elle a été trouvée pendant les excavations de 1982.

Sur l'horloge, sont gravées 3 courbes de déclinaison et les 11 lignes horaires, avec un tracé un peu irrégulier.

*

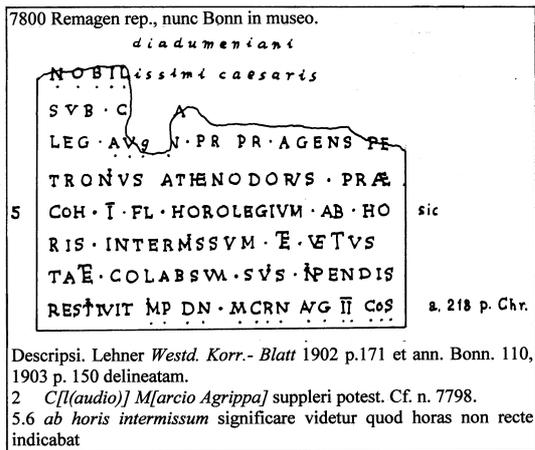
Enrico Del Favero, <e.delfa@tiscali.it> « *Premières restaurations gnomoniques de l'histoire* ». Cet article a été publié dans la revue « *Gnomonica Italiana* », n° 10 de mars 2006 et en français dans Cadran Info N° 15 de mai 2007, (bulletin de la CCS de la SAF).

Enrico Del Favero a eu l'occasion de s'occuper, dans le passé, de certaines pierres romaines sur lesquelles étaient gravés des cadrans solaires. À l'époque romaine, elles étaient considérées comme de vraies oeuvres d'utilité publique et, comme tels, étaient dignes d'être offertes en récompense aux habitants du lieu des fonctionnaires et sponsor financiers.

Un premier rapport sur quatre pierres romaines avec la mention de cadrans solaires et le titre : « *Sponsor « gnomonici » nelle Dolomiti i 2000 anni fa* », a été présenté au : « XI^o Séminaire national italien de gnomonique de Verbania », en 2002.

Plus récemment, dans le n° 10 de la revue « *Gnomonica Italiana* » de mars 2006, et dans Cadran Info n°15 est paru un article dont le titre est « *Les premières restaurations gnomoniques de l'histoire ?* », qui concerne une pierre romaine de 200 après J.C., trouvée à Remagen, l'ancienne Rigomanus, une installation romaine sur le Rhin, un peu au Sud de l'actuelle Bonn.

Voici la reproduction de la pierre, avec son texte en latin et sa traduction approximative : « *Petronio Atenodoro, Préfet de la première cohorte Flavia, restaura à ses frais, l'horloge à heures interrompues et vétustes* ».



Il posa cette pierre en mémoire de notre Seigneur Macrino Augusto, consul pour la seconde fois...

Les « heures interrompues », citées étaient, presque sûrement, les lignes horaires d'une horloge classique romaine.

Par exemple, une horloge à hémicycle, qui, pour un événement quelconque, s'était cassé en deux ou plusieurs morceaux, présentait donc une fracture, avec une séparation entre certaines lignes horaires et d'autres.

Le nom de l'Empereur Macrino et l'époque de son très court règne permet une date certaine de la pierre : environ en 210 après J.C. Donc la décision de restaurer l'horloge.

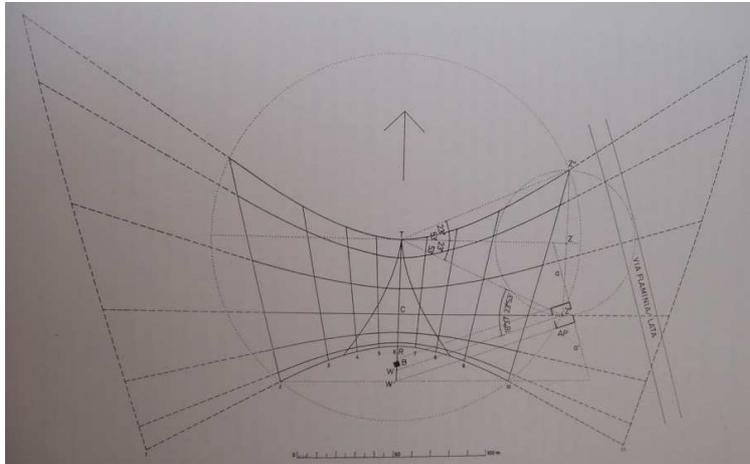
En résumé, la pierre rappelle que le Préfet Petronio Atenodoro s'est impliqué, à ses frais, à restaurer une horloge solaire qui ne fonctionnait plus, parce qu'en morceaux et abîmée par le temps. Avec cette pierre, il voulait rappeler à ses concitoyens son oeuvre, désireux naturellement qu'ils se rappellent de lui, à l'occasion probablement des prochaines « élections ».

*

Jérôme Bonnin, étudiant en archéologie romaine.

« L'Horologium Augusti »

Selon Pline, cette horloge se trouvait sur le Champ de Mars, au Nord de l'actuelle « Piazza del Parlamento » et à l'Ouest de la via Flaminia, actuellement, via del Corso.

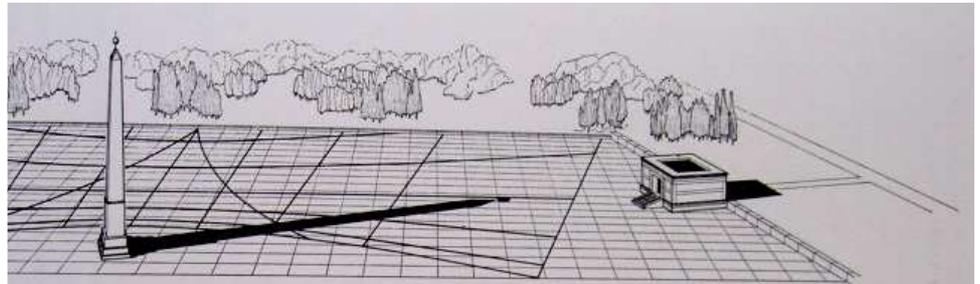


En 1979, cette horloge a été redécouverte et sa localisation précisée. C'est un gigantesque **cadran solaire** plan horizontal, de type Pelecinum, en fer de hache, qui peut servir de calendrier et de rose des vents. Des lettres grecques permettent de connaître les heures, les signes du zodiaque et les vents. Ses dimensions sont d'un peu plus d'un hectare.

◀ Photo, J. Bonnin

On peut dater sa réalisation grâce à l'inscription présente sur la base du gnomon :

« *Imp(erator) Caesar divi fil(ius) / Augustus / pontifex maximus / imp(erator)*



Photo, J. Bonnin

duodecimum) co(n)s(ul) (undecimum) trib(unicia) pot(estate) (quarta decima) / Aegypto in potestatem / populi Romani redacta / Soli donum dedit ».

« *L'Imperator César Auguste, fils du divin Jules, Grand Pontife, proclamé empereur douze fois, consul onze fois, dans sa quatorzième puissance tribunicienne, a fait cadeau au soleil (de ce monument), l'Égypte ayant été ramené au pouvoir du peuple romain* ».

Mais de nombreuses interrogations se posent encore.

L'*horologium Augusti* est un monument clef pour la compréhension de la symbolique développée par Auguste, afin de justifier son pouvoir et de le pérenniser. Son gigantisme, pour Rome, la présence de l'obélisque ramené d'Égypte et des lettres gravées en Grec, tout exalte la grandeur même d'Auguste.



Photo, J. Bonnin

raison pour laquelle la communauté scientifique s'y est beaucoup intéressé.

Le premier obélisque, érigé à Rome et ramené d'Héliopolis, sert de gnomon. Il aurait mesuré en totalité, avec les fondations, la base et le globe du pyramidion : 100 pieds romains, soit 29.5 m².

Ses fragments ont été déterrés, et transportés, en cinq morceaux, en 1748, puis remontés, en 1792, piazza Montecitorio.

Quelques éléments des lignes des mois et du zodiaque, la fin du Bélier et le début de la Vierge, ont impliqué soudainement la communauté scientifique internationale.

Enfin, on peut préciser l'intérêt symbolique, avec l'ombre qui pointait l'Ara Pacis, la date de l'anniversaire d'Auguste, manière de montrer qu'il était né « pour apporter la paix ».

Il y a un véritable système astronomique et mathématique complexe concernant cette horloge. C'est la

Un Cadran de 4000 ans...



Dans cadran Info N°15, nous avons signalé la découverte d'un pseudo "cadran solaire de l'âge du bronze" dans la Vallée des Merveilles (Alpes-Maritimes). La revue "Archéologia" développe le sujet sur dix pages dans son n° 446.

J. Magail, anthropologue et administrateur (musée d'anthropologie préhistorique de Monaco) explicite particulièrement la technique de gravure des différents "motifs indicateurs" en forme de poignard et leurs orientations suivant la position du soleil.

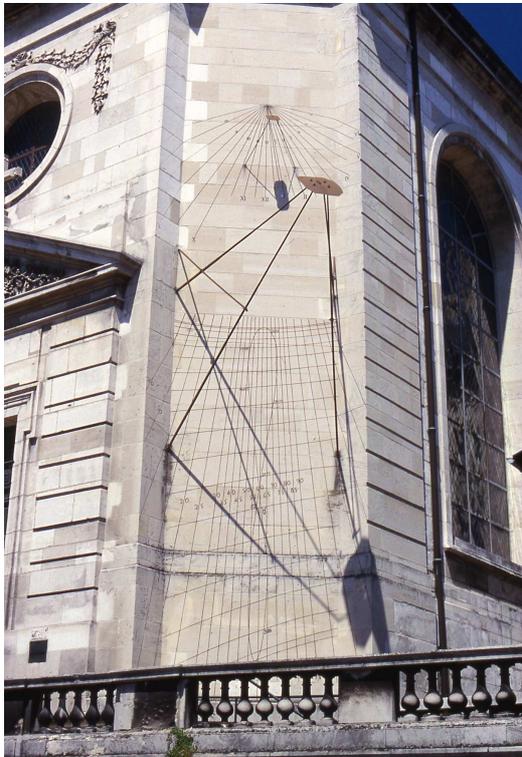


Les Cadran solaire de Troyes et environs

Par Claude Garino

Ancienne capitale de la Champagne, la ville de Troyes, autrefois prospère par son industrie textile, aujourd'hui en pleine reconversion économique, offre aux touristes ses neuf églises, ses maisons à pans de bois, ses musées et son secteur sauvegardé dans un espace épousant la forme d'un bouchon de Champagne. Mais l'amateur de gnomonique ne sera pas déçu par l'originalité et le grand intérêt des cadrans solaires remarquables de la cité et de son agglomération.

Troyes : Coordonnées : latitude 48° 18' Nord longitude 4° 5' Est



Les grands cadrans de l'Hôtel-Dieu :

Cet ensemble gnomonique monumental, bien visible du quai des Comtes de Champagne, est le plus connu de Troyes, bien en évidence sur l'extrémité de la chapelle de l'Hôtel-Dieu le Comte, bâtie en 1760 et consacrée en 1762. En 1764, on fit appel, pour tracer deux cadrans solaires superposés sur un pan coupé de la chapelle, à un certain Jean-Baptiste Ludot, mathématicien, savant et littérateur, né et mort à Troyes (1704 – 1771), correspondant de d'Alembert, Jussieu, Réaumur..., auteur de plusieurs écrits et expérimentateur dans différents domaines. Refusant de copier ce qui existait, Ludot refit tous les calculs et proposa une œuvre personnelle que nous pouvons encore admirer et qui sans doute inspira d'autres réalisations comme nous allons le voir.

Ayant à surmonter d'énormes difficultés pour installer un cadran et une courbe en huit suffisamment visible sur le pan de mur haut mais étroit, il résolut le problème avec élégance en construisant sur trois surfaces deux cadrans l'un au dessus de l'autre en donnant plus d'importance au cadran inférieur portant la méridienne avec courbe en huit afin « de faire connaître chaque jour l'instant auquel une horloge réglée sur le temps moyen doit indiquer midi » note le docteur Doan.

- Le cadran supérieur classique, déclinant vers l'ouest d'environ 10°, divisé en heures et demi-heures, offrant tout de même des lignes horaires de 7 heures 30 du matin à 6 heures du soir avec une précision de l'ordre de 10 minutes grâce à son style terminé par un œilleton à un trou, porté par deux jambes de forces. Chaque ligne porte deux types de chiffres, arabe sur la ligne et romain à l'extrémité.

- Le cadran inférieur est l'agrandissement du premier et se limite à trois heures autour du midi de 10 h 40 à 13 h 30 ; les lignes horaires sont en prolongement des lignes du cadran supérieur ce qui fait que les deux cadrans ont le même centre ; ces lignes sont tracées toutes les 10 minutes et même toutes les 5 minutes de 11 h 30 à 12 h 30 ; les arcs diurnes sont tracés tous les 10 jours ; l'œilleton est percée d'un trou encadré, dans le sens du méridien, de deux fentes ovales pour améliorer la précision de la lecture ; il est porté par quatre grandes jambes entretoisées deux à deux. On relève cependant trois erreurs : il faut lire 11 h 20 au lieu de 11 h 25, 11 h 10 au lieu de 11 h 20 et enfin la courbe en huit est beaucoup trop anguleuse dans sa courbure inférieure et est légèrement trop longue dépassant un peu l'arc du solstice d'été.



A l'origine le cadran portait en sa partie inférieure trois inscriptions :

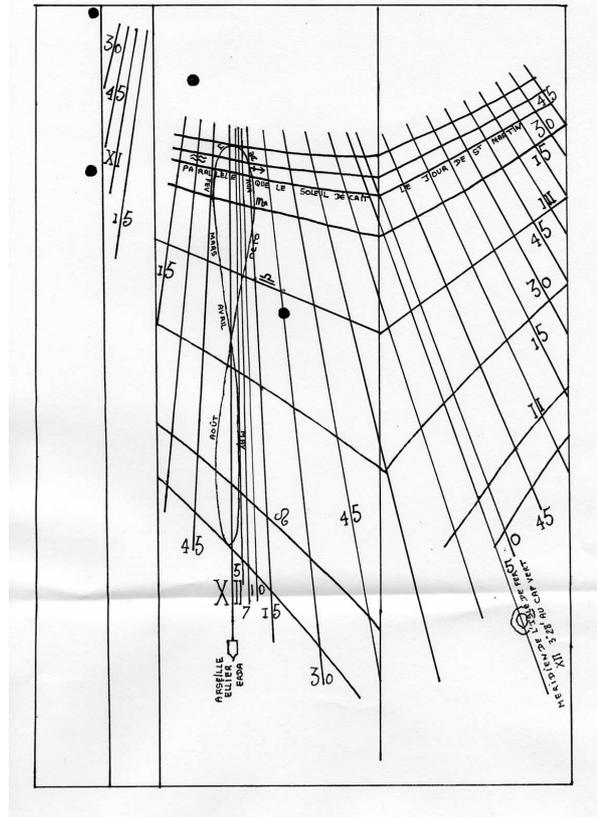
« Les cieux publient la gloire du créateur » 2^e verset du psaume XIX du roi David. « Tu es l'ouvrage du Très-Haut, Soleil admirable » écrit par Ludot lui-même. « FUGIT IRREPARABILE TEMPUS », ou « Le temps irréparable s'enfuit » d'après Virgile, livre III, vers 284 – 285, allusion à l'impossibilité de réparer les outrages du temps sur le corps et l'esprit des malades de l'Hôtel-Dieu. La Révolution a pratiquement effacé les deux premières lignes ; le vers de Virgile était déjà peu visible il y a un siècle et aujourd'hui seule la date MDCCLXIV subsiste. Aujourd'hui, la chapelle abrite un espace de diffusion d'Art contemporain « le Cadran Solaire ».

Le cadran de l'église Saint-Martin-es-Vignes, bel objet gnomonique du XVIII^e :

Voici un autre cadran insolite d'autant plus qu'il se cache sous le porche qui précède la porte d'entrée de cette église bâtie à partir du XVI^e siècle sur une commune « hors de la ville ». La façade a été achevée à la fin du XVII^e à l'aide d'un péristyle à six colonnes et chapiteaux de style corinthiens élevés au dessus du porche. Le cadran solaire « fort ingénieux », portant la mention Bazin Fecit 1778, est tracé sur deux murs perpendiculaires du porche ; celui de gauche décline d'environ 30° vers le sud-est, celui de la porte d'entrée décline d'environ 60° vers le sud-ouest.



Les lignes horaires sont tracées de 15 en 15 minutes de 10 heures 30 du matin à 15 heures 45 de l'après-midi avec des lignes supplémentaires resserrées sur chaque quart d'heure de part et d'autre de la méridienne. Ces dernières indiquent l'heure dans plusieurs villes de France et d'Europe lorsqu'il est midi solaire vrai à Troyes, à savoir Lisbonne, Nantes, Madrid, Londres, Amsterdam, Montpellier (située sur le même méridien que Troyes), Lyon, Marseille, Strasbourg, Turin, Rome et Venise, mais la plupart des noms sont devenus illisibles. La courbe en huit de midi moyen a été tracée autour de la méridienne avec mention des mois.



Enfin, chose extrêmement rare, le cadran porte juste avant la ligne de 13 heures 30 la ligne horaire du « méridien de l'Isle de Fer au Cap Vert » ! avec un schéma de l'île, la mention « XII », du décalage horaire soit « 1 h 25' (effacé) 34'' ». Déjà Ptolémée avait utilisé l'île Hierro ou île de Fer de l'archipel des Canaries, la plus à l'ouest des terres connues, principe repris aux XVII^e et XVIII^e siècles. Cette île se trouve à 18° de longitude Ouest, Troyes à 4° de longitude Est soit un décalage de 22° ou en temps de 1 heure 28 minutes. Selon Alain Ferreira, l'inscription de temps portée sur le cadran serait issue de « La gnomonique pratique » de Bedos de Celles et la mention « Cap Vert » serait erronée, les îles éponymes étant encore plus à l'ouest.

Les 7 courbes traditionnelles de dates sont tracées avec les signes zodiacaux comme repères et il y a en plus dans la partie haute du cadran la courbe montrant « le parallèle que le soleil décrit le jour de St-Martin », le 11 novembre. Le style est constitué d'un œilleton à un trou et deux fentes porté par quatre jambes, inspiré sans doute des plaques de l'Hôtel-Dieu.

Ce cadran, très complet et original, est malheureusement peu mis en valeur par sa situation, utilisable seulement quand il plait au soleil d'éclairer l'intérieur du porche, peu déchiffrable par la crasse des pierres et pour tout dire tout à fait méconnu.

Une belle restauration : le cadran de l'Hôtel de Moïse :

Ce magnifique bâtiment du centre ville fut construit en 1553 dans le style Renaissance, panachant pierres blanches et briques dans un damier champenois. Son nom provient d'un ancien puits dit « du Moïse ». Situé à l'angle des actuelles rues Charbonnet et Paillet-de-Montabert, il accueillit au XIX^e siècle l'Hôtel des Postes, puis en 1954, le quotidien Libération-Champagne, avant d'être acheté par la ville en 1979. Sur la façade donnant sur la cour, subsistaient quelques traces seulement de fresques et d'un tracé de cadran solaire datant vraisemblablement du XVIII^e siècle. Les travaux de restauration des toitures, ravalement des façades, réinstallation du puits et de la statue de Moïse commencèrent en 1999. Les fresques révélant un animal, un centaure, et deux chérubins semblant personnifier les mathématiques et

l'astronomie, ont été refaites ainsi que le cadran solaire le tout rénové magnifiquement. Par contre l'œilleton, percé d'un trou et de deux fentes porté par un grand tripode et une jambe de force était demeuré en place. Depuis, entre deux baies de l'étage de style XVI^e à traverses et meneaux et garnies de vitraux, le cadran déclinant d'environ 35° vers le sud-est révèle ses lignes horaires de 10 h 30 à 12 h 30 (toutes les 10 min jusque 11 h 20 et de 5 en 5 min au-delà) et ses courbes zodiacales. Les œilletons de ces trois magnifiques cadrans troyens du XVIII^e siècle, sont de même facture, tout comme ceux des cadrans de Saint-André-les-Vergers que nous mentionnons plus loin.



Avant restauration
Photo 2000



Après restauration
Photo 2003

Le cadran de l'église Saint-Rémy :



Cette église au clocher tors possède un petit cadran placé sous la grande horloge à une aiguille, observable depuis la place près du marché ; déclinant d'environ 30° vers le sud-est, il fonctionne de 5 heures du matin à 3 heures de l'après-midi ; chiffres romains inscrits dans l'entourage rectangulaire ; style coudé. Les inscriptions sont en rapport avec la construction de l'église, le temps qui s'écoule (selon le psaume 101) et les différentes restaurations de l'édifice : SICUT VMBRA DIES NOSTRI SUPER TERRAM « *Nos jours passent comme l'ombre sur la Terre* » ANNO MDCLXXIV (1674) 1772 – 1886 – 1980.

La visite peut-être poursuivie sur la ville de Troyes par exemple avec l'église Saint-Pantaléon où sur la base du clocher carré de l'église, visible depuis la rue de Vauluisant, on devine encore les vestiges d'un cadran déclinant vers l'ouest, au style disparu, peint, très effacé, daté 1680, avec trace de devise. De même, l'église

Saint-Nicolas, à l'extrémité sud de la nef au dessus de la dernière ogive, visible depuis la rue H. Truelle, un cadran peint que révèle encore le mur noircit ; déclinant vers l'est, lignes de 6 heures à 13 heures avec quelques angles horaires inexacts ; chiffres romains ou arabes ; style disparu. Rue Delarothière, quartier du Gros Raisin, une souche de cheminée datée 1670 porte un cadran à observer de loin, déclinant vers le sud-ouest, aux lignes tracées de 9 heures du matin à 7 heures du soir ; style polaire linéaire. Enfin dans une cour, 62 rue de la Monnaie, il y a un petit cadran déclinant du matin.

D'autres cadrans ont sans doute disparus comme en maints endroits. L'abbé Prévost signale le cadran de l'ancienne abbaye Saint-Loup, déjà en trop mauvais état en 1910, un petit gnomon attribué à Vauban pour les heures de l'après-midi dans la cour de l'Hôtel de Ville et mentionne qu'il n'y a plus aucune trace du cadran en cuivre, tracé sur le clocher de la cathédrale Saint-Pierre et Saint-Paul afin de régler au XVII^e siècle l'horloge. Et nous n'oublierons pas non plus la grande méridienne de la façade de l'Hôtel de Ville, installée sur « la maison consulaire » construite au XVI^e siècle. Peu avant la Révolution la ville y installa la justice de paix et les locaux ont servis aussi aux diverses sociétés de la ville. La méridienne s'étalant sur deux étages, déclinante vers le sud-est, avait un style tripode à œillette. Le bâtiment fut démoli au début des années trente lors de l'agrandissement de l'hôtel de ville, et l'on ne voit plus cette magnifique méridienne que sur les anciennes cartes postales.



L'ancienne méridienne de l'Hôtel de ville avant 1930.

Extrait de « L'Aube, images de son passé, tome 1, Association des Amis des Archives de l'Aube ».

L'agglomération troyenne révèle aussi quelques cadrans méritant une visite.

Église de Saint-André-les-Vergers, un cadran de la Révolution :

En fait, ce sont deux cadrans solaires complémentaires, gravés sur la pierre blanche, séparés par une fenêtre ogivale à trois baies qui ont été réalisés en 1789 par un certain Thévenot l'Ainé qui a signé son œuvre sur le côté sud de

l'église. Le cadran de gauche (voir ci-contre ►), protégé de la pluie par un contrefort, tracé sur deux parements perpendiculaires déclinants respectivement de 115° vers le nord-est et de 25° vers le sud-est, possède les lignes horaires de 5 heures à 11 heures du matin ; les heures sont notées en chiffres romains à chaque extrémités des lignes ; le style porte une plaque polygonale trouée, prolongée d'une longue tige de direction polaire faisant ombre, le tout relié au mur par une



simple barre. Le cadran de droite, déclinant de 25° vers le sud-est, d'un intérêt moindre, n'est éclairé que de 7 à 9 heures et son style est simple œilleton porté par deux jambes ; ce cadran a sans doute été amputé lors de la restauration malhabile au XIX^e siècle du contrefort attenant réalisée en briques.

Le cadran de gauche possède un intérêt capital. En effet, outre les trois courbes traditionnelles correspondant aux solstices et aux équinoxes, l'auteur a ajouté la courbe décrite par l'ombre de l'œilleton le jour de la Saint-André (30 novembre), l'apôtre aimé du sauveur, mais précise l'abbé Prévost, cette ligne « *parallèle (que) le Soleil décrit le jour de Saint-André* » n'est pas souvent marquée par le style du cadran en cette saison de brouillards !

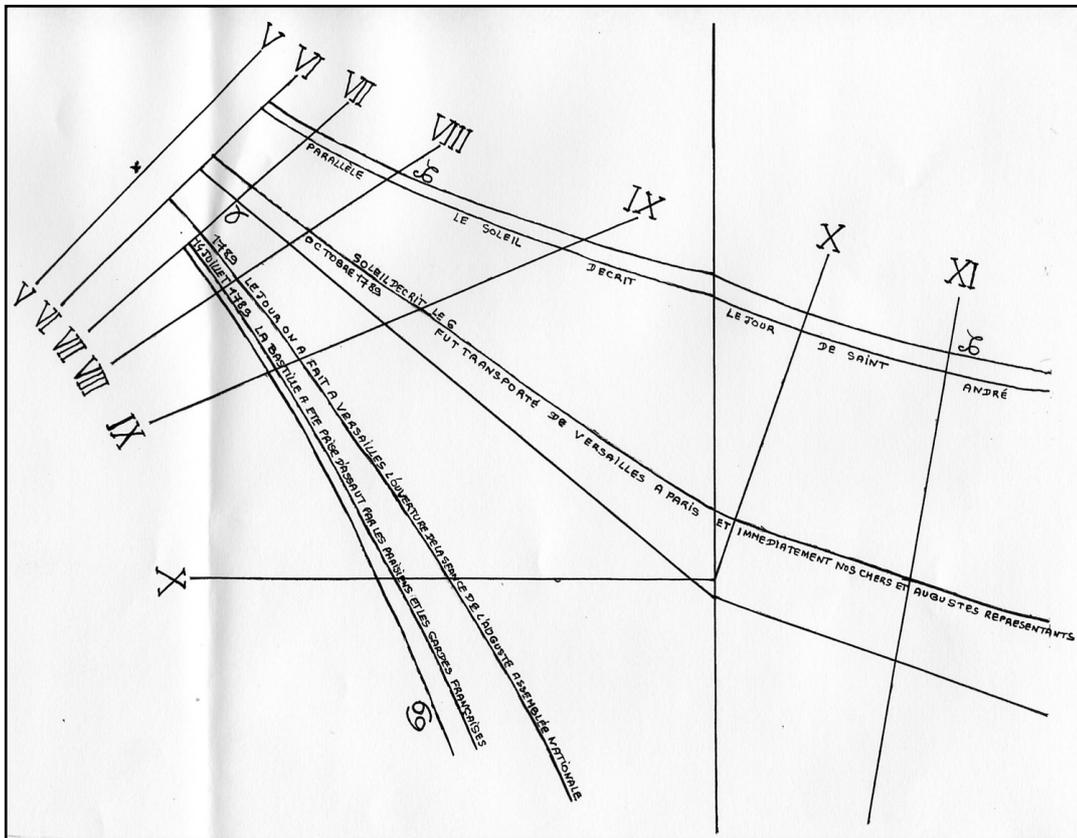
Enfin, les événements de l'année 1789 ont dû paraître trop importants à Thévenot pour ne pas les commémorer sur son cadran, et il revint, en ces jours nouveaux et dans l'enthousiasme du moment, les graver à la pointe en caractères très nets. C'est ainsi que trois courbes supplémentaires sont encore reconnaissables avec leurs inscriptions :

« (5 mai) 1789 ce jour on a fait à Versailles l'ouverture de la séance de l'auguste assemblée nationale ».

« 14 juillet 1789 (ce jour) la Bastille a été prise d'assaut par les parisiens et les gardes françaises ».

« (Parallèle que le) Soleil décrit le 6 octobre 1789 (jour où) fut transporté de Versailles à Paris et immédiatement nos chers et augustes représentants ».

Il semble que Thévenot ne fut pas inquiet par ces inscriptions... L'ensemble est parfaitement conservé après la restauration des années 1990 et rares doivent être les églises à porter un tel message révolutionnaire. L'église possède sur un autre contrefort au sud le tracé d'un autre petit cadran, sans doute en usage dès le XVI^e siècle lors de la construction de l'édifice, muni de neufs lignes horaires de 8 h à 16 h inscrit dans un cercle mais le style a disparu.





Le cadran de droite

Le cadran du contrefort

Église de Saint-Parres-aux-Tertres, un cadran restauré en 2004 :

L'édifice rebâti au début du XVI^e siècle sur l'emplacement du tombeau de saint Parre, martyr troyen, montrait sur son flanc les vestiges d'un cadran solaire datant sous doute des XVII^e ou XVIII^e siècles entre le pilier du magnifique portail sud de style flamboyant et la première baie. La taille est imposante, environ trois sur quatre mètres. Les lignes horaires sont tracées de 7 heures du matin à 4 heures de l'après-midi, agrémentées de chiffres romains sauf la ligne 8 heures montrée par un chiffre arabe ; les lignes de demi-heures sont plus courtes. Le gnomon avait disparu.

Les travaux de restauration, sur une idée de M. Jean-Marcel Camps, membre de l'Association du Patrimoine de Saint-Parres-aux-Tertres, conseillé par MM. Hugon et Robbe, ont été confiés au printemps 2004 à M. Philippe Langlet de Paron (Yonne), artisan cadranier, et membre de la commission des cadrans solaires de la Société Astronomique de France. Après vérification de la déclinaison gnomonique du mur, égale à 12° vers le sud-est, un style en bronze long de 1,54 m avec flèche en bout et deux renforts a été posé. Cela a permis de vérifier que le tracé était fort heureusement pratiquement juste et qu'il avait donc été réalisé par quelqu'un de très compétent en mathématiques et en astronomie. Les lignes ont été gravées et peintes à l'ancienne. Le 12 juin 2004, en présence de M. Denis Savoie, président de la commission des cadrans solaires, du maire, du conseiller général, du vicaire général, le cadran a été inauguré, le soleil présent, permettant à tous de vérifier qu'il fonctionne à la minute près, à condition bien entendu de faire les corrections nécessaires pour retrouver l'heure légale. La procédure est dorénavant offerte aux curieux par un panneau apposé sous le cadran, faisant de cette restauration intelligente un objet pédagogique.



A Pont-Sainte-Marie :

L'église de l'Assomption de la Vierge, construite dans la première moitié du XVI^e siècle, montre entre deux baies du collatéral droit, un cadran déclinant vers le sud-est, aux lignes tracées de 5 heures du matin à 2 heures de l'après-midi entre deux bandeaux ; chiffres



romains ; style polaire coudé à jambe.

Devise : *DIES MEI SICUT UMBRA DECLINAVERVNT* psal 101

« *Mes jours déclineront comme l'ombre* » tiré du psaume 101, verset 12.

Pour ceux qui n'auraient pas compris l'allusion, une petite tête de mort sculptée a été incrustée dans le moellon sous l'inscription...



A Saint-Julien-les-Villas :

Entre un contrefort et une ouverture gothique de l'église, on voit encore les lignes horaires d'un cadran, déclinant vers le sud-est, tracé de 6 heures du matin à 4 heures de l'après-midi ; chiffres arabes sauf pour la ligne méridienne pour laquelle le chiffre romain est aussi plus imposant. Malheureusement le style polaire a disparu et actuellement une sorte de gros clou implanté perpendiculairement au tracé au

point de convergence des lignes ne peut avoir la prétention de le remplacer.

Les églises de Barberey-Saint-Sulpice, La Chapelle-Saint-Luc, Les Noës-près-Troyes possèdent aussi des vestiges de cadrans solaires.

Sources :

Abbé PREVOST, Le cadran solaire de l'hôtel-Dieu, Annuaire de l'Aube, 1910.

Abbé PREVOST, Un cadran solaire de la Révolution à Saint-André, Annuaire de l'Aube, 1911.

Charles FICHOT, Statistique monumentale du département de l'Aube, volume 4.

Saint-André-Les-Vergers, les yeux dans les yeux, Ed. Tempus Edax Rerum, 2003.

Lancelot – Brunon, L'Aube, images de son passé, tome 1, Association des Amis des Archives de l'Aube.

Alain FERREIRA, L'Astronomie, volume 117, mai 2003, Choisir un méridien de référence, le méridien de l'île de Fer.

Cadran Info n° 11, mai 2005.

Olivier ESCUDER, Paroles de Soleil, tomes 1 et 2, Ed. Le Manuscrit, 2005.

Docteur DOAN, réflexions sur les cadrans solaires de l'Hôtel-Dieu de Troyes, La vie en Champagne n° 401.

Docteur DOAN, le cadran solaire de l'Hôtel-Dieu le Comte à Troyes, Folklore de Champagne n° 118

Jean-Pierre GOSNET, Le cadran solaire de l'Hôtel-Dieu, La vie en Champagne n° 404.

Revue Press' Troyes, janvier 2000.

Quotidien Est-Eclair.



Courbe en 8 de G. Camus

Par Jacques Goude

A propos des courbes en 8 tracées par le regretté Gorges Camus de notre commission, M. J. Goude fait part de ses réflexions.

Alors que je présentais des diapositives de cadrans solaires au cours d'une séance qu'on appelle habituellement - et pompeusement - "conférence", je passais une photo du - très beau - cadran du presbytère de Samoëns et m'apprêtais à parler de sa courbe en 8, j e m'aperçus avec



Fig 1 : Cadran du presbytère de Samoëns (Haute Savoie) Photo archives CCS.

étonnement qu'elle est inversée : novembre et mai sont à gauche, février et juillet a droite (je ne l'avais pas remarqué sur place a la prise de vue !). C'est une curiosité supplémentaire que présente ce cadran, déjà affublé de courbes de déclinaison "bidons" qui sont en fait de simples flèches conduisant le regard aux symboles zodiacaux à partir du point correspondant (approximatif) de la courbe en 8, et également des indications de midi en certaines grandes villes dont quelques-unes sont sises a des distances non négligeables de leur midi vrai (Fig : 1).

Intrigué surtout, parce que je ne l'ai pas comprise, par l'inversion des mois de la courbe, je m'autorisais l'audace de demander à un membre éminent de la C.C.S., qui connaît bien

cette région, la raison de cette inversion, s'il en existe une. La réponse fut nette : erreur du restaurateur, peut-être même de l'auteur qui serait (conditionnel de rigueur) le fameux capucin Frère Arsène, auteur par ailleurs du célèbre et superbe polyédrique étoilé d'Annecy.

Malgré la notoriété (réelle et justifiée) de mon interlocuteur, sa réponse ne me satisfait pas pleinement, car je me souvenais avoir observé la même "anomalie" sur un cadran moderne installé dans la cour d'une ferme dans le village de Villegats, près de Pacy-sur-Eure (Eure), réalisé par le non moins talentueux gnomoniste que fut Georges Camus (Fig. 2). J'en fis part a mon correspondant. Même réaction Camus s'est planté !

Puisque pour se faire une opinion, il vaut mieux avoir plusieurs avis, je sollicitais le leur à quelques autres membres éminents de la C.C.S. Certains restèrent muets, d'autres bottèrent en touche en "repassant la patate chaude", comme si ma question gênait. C'est ainsi qu'un

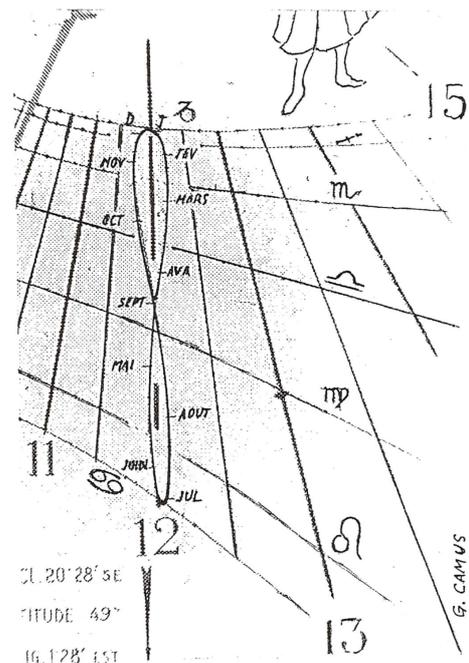


Fig: 2

autre gnomoniste de haute lignée me confirma : erreur de Camus. Ce qui continue de m'étonner. En gnomonique, je ne suis qu'un touriste qui ne voit dans un cadran solaire essentiellement que l'aspect "patrimoine" et "Arts et traditions populaires" (à l'origine, je suis d'abord un peu archéologue), et j'ai parfaitement conscience de mon niveau très bas puisque je n'ai jamais rien compris aux maths (ce que je regrette, mais ce n'est pas à 73 ans que j'ai des chances de mieux les assimiler 1). Et cela m'handicape énormément pour comprendre certains aspects du C. S., mais ne m'empêche pas de me poser des questions, et je ne m'interdis pas non plus d'avoir des opinions personnelles, ni de les exprimer, ni de les défendre au besoin. J'osais donc avancer une hypothèse qui m'effleurait la boîte à réflexion : cette courbe en 8 n'est pas une courbe de temps moyen servant à donner directement le midi de la montre en heure locale (ou T.U. si le midi vrai est, pour cette longitude, décalé vers la droite sur le midi de Greenwich, comme c'est le cas ici, de façon à n'avoir à appliquer que la correction heure d'été/heure d'hiver); c'est à mon avis un graphique d'équation de temps, sinusoïde pliée sur le mois de juin et incorporée à un cadran solaire en utilisant (abusivement ?) la ligne de midi vrai comme ligne d'équation zéro. Il est bien évident que dans ce cas, la courbe en 8 n'a aucune relation avec le style et ne doit pas être lue comme une courbe de temps moyen traditionnelle avec l'ombre d'une boule ou le spot d'un oeillet. Seule sa situation sur la méridienne peut amener la confusion. Protestation de mes interlocuteurs, et rejet, gentil mais ferme, de ma théorie.

Un indice sérieux

Entre-temps, un troisième membre éminent ne répondit pas directement à mon interrogation, mais me fournit un document de la main de Georges Camus: le projet d'un cadran (Fig. 3) devant être installé à Chatillon et présentant lui aussi une courbe inversée, mais sur lequel est précisé cette fois "équation de temps" (et non "temps moyen") avec indications "-" à gauche de midi et "+" à droite, ce qui correspondait bien à ce que je pressentais: une courbe indiquant, de cinq minutes en cinq minutes, non pas le temps moyen, mais les retards ou avances du soleil par rapport à la ligne de midi muée (abusivement?) en ligne d'équation zéro, à moins que ce ne soit les avances ou retards de la terre (vice-versa et réciproquement : c'est comme le train qui avance ou celui d'à côté qui recule, d'où confusions faciles. . . et fréquentes !). De plus, cette courbe ne peut pas être confondue avec une courbe de temps moyen, puisque, là, le style ne comporte ni boule ni oeillet, et que sa pointe est très fine et, ne peut donner une ombre nette servant d'indicateur précis : d'ailleurs, sa longueur

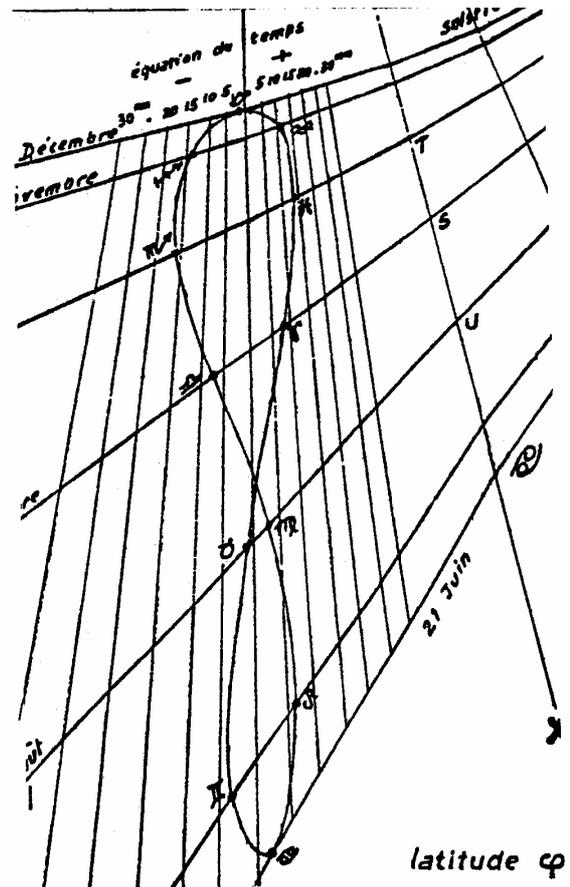


Fig 3 :

n'est peut être même pas conforme pour marquer correctement les solstices : je n'ai pas la compétence pour le dire, mais on peut dans ce cas se poser la question de l'utilité et du fonctionnement de ces courbes ... de Samoëns, mais également sur ceux du même auteur présumé à Sallanches et Rumilly). Ce troisième cadran présente aussi, sur les courbes de déclinaison, les indications chiffrées de l'équation de temps dans un ordre encore différent : en

tournant dans le sens des aiguilles d'une montre et sans courbe en 8: donc l'oeilleton ne sert qu'à marquer les dates de changement de signe. Ainsi, c'est une lapalissade, Georges Camus savait parfaitement faire toutes sortes de cadrans sans se tromper, et il s'est bien amusé dans son village ! Je commençais à sérieusement cimenter mon intuition: G. Camus tenait absolument à incorporer à un cadran solaire les valeurs de l'équation de temps, même fragmentaires, au lieu de les faire figurer dans un tableau traditionnel avec sinussoïde sur quadrillage orthogonal à proximité plus ou moins immédiate du cadran.

De nouveaux indices :

En prolongeant mes recherches, je trouvai sans grand mérite, car c'est un ouvrage très répandu, aux belles photos mais aux légendes contestables - dans le livre "Cadrans solaires" de J.-M. Homet chez Massin, en dernière page, les projets de trois cadrans dûs à... Georges Camus !

Un vertical déclinant pour Sophia Antipolis

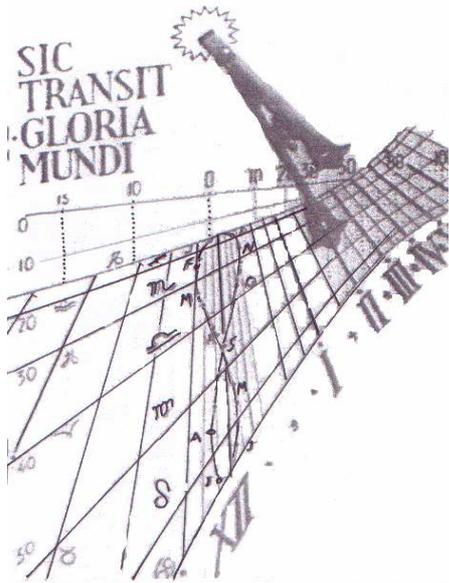


Fig. 4

Je poursuivis donc seul mes investigations. Sur l'église du même village, un troisième cadran de Camus (Fig. 5) présente des amorces de lignes horaires pour midi dans quelques grandes villes (confirmant l'exactitude assez approximative des mêmes représentations sur le cadran où il indique les valeurs d'équation de temps pour TVL comportant apparemment les corrections de longitude, ce qui illustre bien son obsession d'incorporer au cadran lui-même les valeurs de l'EQT (Fig. 6) et d'en faire ainsi en quelque sorte sa marque de fabrique. Mais là les mois tournent en sens inverse des aiguilles d'une montre.

C'est encore plus net dans le projet de vertical aux mêmes coordonnées que celui de la ferme de Villegats (Fig. 7), sauf la déclinaison : probablement un projet non retenu pour un autre bâtiment chez le même client. Et là, c'est flagrant. Non seulement les mois sont inversés, mais ils sont accompagnés des valeurs d'équation correspondantes, telles qu'on peut les voir sur un graphique traditionnel à

J'eus beau arguer de ce document et protester que Georges Camus savait tout de même faire une courbe correcte parce qu'il en a réalisé une sur un autre cadran du même village (Fig. 4), à quelques centaines de mètres de la ferme, cadran qui présente aussi d'autres caractéristiques illustrant la science de M. Camus : coordonnées solaires horizontales et azimutales (comme les cadrans de Dasypodius à Strasbourg). On pourrait tout juste lui reprocher de ne pas avoir fait figurer les symboles du zodiaque, décalés dans une partie "aérée" de la table (déclinante), dans le même ordre que les mois de la courbe (soit Lion et Vierge à gauche, Bélier, Taureau, Gémeaux à droite). Donc, si Camus a inversé les deux premières courbes évoquées (ferme de Villegats, et Châtillon), il l'a bien fait exprès. Mais pourquoi? Toujours la même réponse sans appel : erreur !

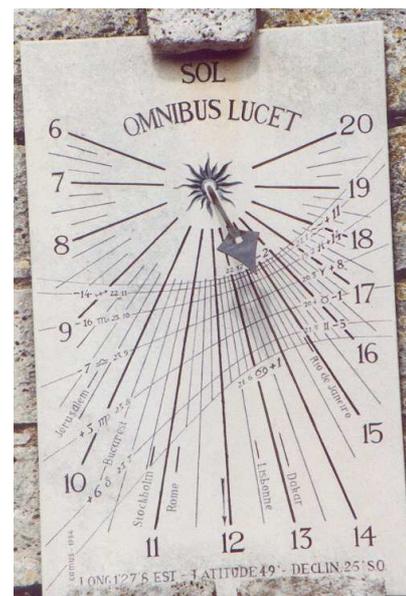


Fig 5 : Photo de Ph. Sauvageot

sinusoïde. Pour moi, plus de doute, c'est fait exprès. Il n'y a pas d'erreur: "Y a pas erreur", ou, comme disait ma grand-mère: "l'erreur est juste" !

Alors des questions viennent naturellement à l'esprit : pourquoi ces graphiques plutôt que des courbes classiques de temps moyen, donnant directement le "midi moyen" (local ou TU) ?

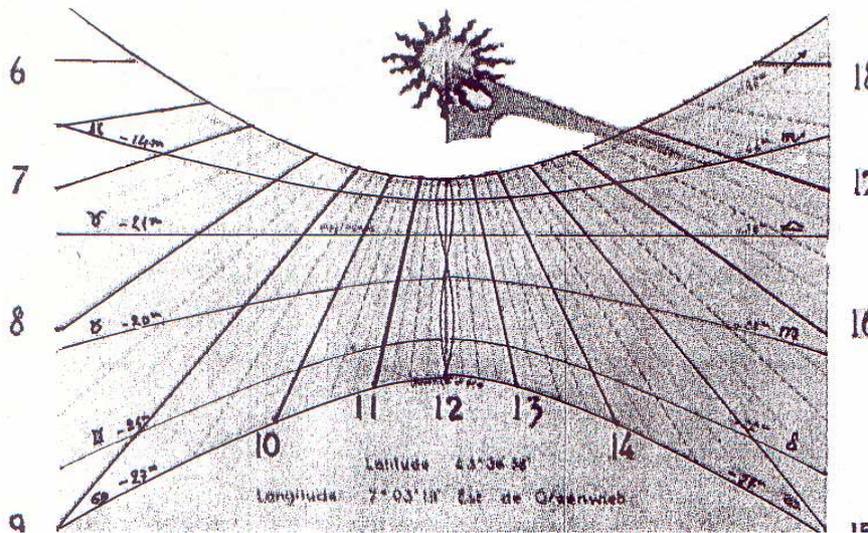
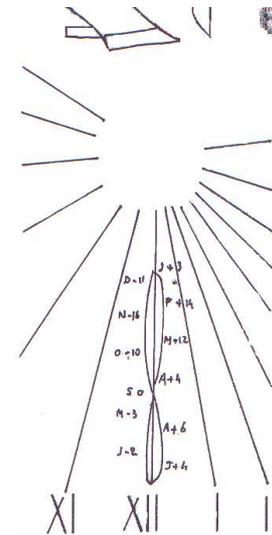


Fig 6 : Projet de G.Camus publié dans le livret "Concours cadran solaire 1981" de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris-Sophia-Antipolis 06560 Valbonne-



Long. 1° 27' 5
Fig: 7

Ma réponse est simple : trop banal pour G. Camus qui veut ainsi se démarquer de la routine, par souci d'originalité, de sortir des rails de l'académisme et du conformisme qui sont parfois des ornières. Et aussi doctrine shaddock: "Pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué?" (doctrine pouvant s'appliquer à bien des réalisations présentées dans Cadran Info, dont certaines, de l'aveu même de leurs auteurs, n'améliorent même pas ni le confort de lecture, ni l'exactitude, ni la précision d'un cadran solaire !). S'il fut un mathématicien pointu (si toutefois je puis me permettre d'en juger, car à mon niveau, un élève de sixième l'est déjà !), Georges Camus n'était pas dépourvu d'humour (voir ses poèmes et fables dans C.I.), et ses courbes "fautives" ne sont après tout peut-être que des facéties destinées à déconcerter le spectateur, touriste ou personnalité de la gnomonique. Et apparemment, il y est parvenu ! Ce n'est pas moins amusant ni plus incongru que de faire un cadran solaire avec une tasse à café, une bouteille de gnôle, un oeuf ou une boule de pétanque! C'est peut-être aussi pour Camus la recherche d'une image marketing, la marque d'un style personnel (style au sens de "manière de faire" ...pas de confusion, S.V.P., avec une tige de ferraille qu'on plante sur un cadran solaire, appelée "style polaire" ; pourquoi ne pas l'appeler "polos" pour éviter cette confusion ?) .

Un avis autorisé... un soutien de poids :

Ce n'est pas tout, dernière page du livre de Homet, troisième projet de Camus : un analemmatique pour encore Sophia Antipolis (Fig.8). Lui aussi comporte une courbe en 8. D'une part, c'est inutilisable sur ce type de cadran, à moins d'imaginer un second style vertical, bouleté et fixe ; d'autre part, elle est également inversée : sur un cadran horizontal qui se respecte, la panse large automne/hiver est située vers le nord, et ici elle est au sud. Ses mois suivent le même ordre que ceux de l'échelle du style vertical mobile (qu'il faudrait bien arriver à appeler tout simplement "gnomon"...). Je pense donc encore à un graphique incorporé, puisque cette courbe est inutilisable pour donner directement le temps moyen. Je me souviens alors qu'à une époque où je n'étais pas encore entré dans l'univers du cadran solaire,

j'avais pris une photo "en touriste" du cadran analemmatique de Brou. Retrouvée, elle me jeta à la figure une courbe en 8 encore inversée (Fig. 4) ! Même "anomalie" que sur le projet pour Sophia Antipolis ! Alors me revint en mémoire avoir lu quelque chose à ce sujet ; mais où

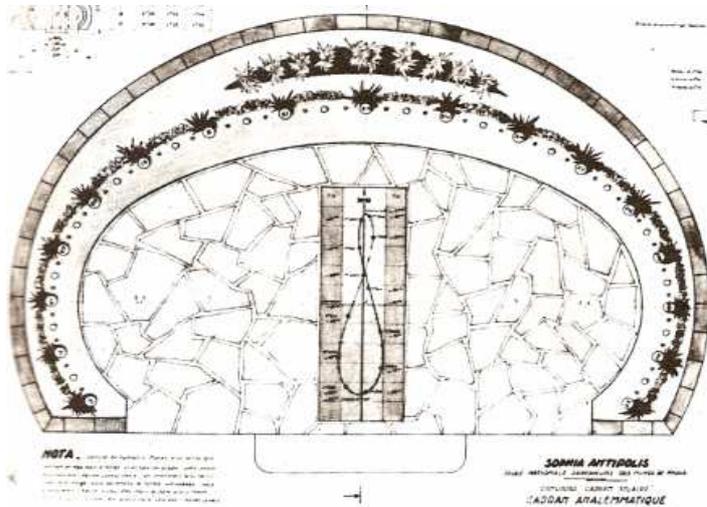


Fig 8 : Projet de G. Camus publié dans le livret "Concours cadran solaire 1981" de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris-Sophia-Antipolis 06560 Valbonne- et repris par Homet.

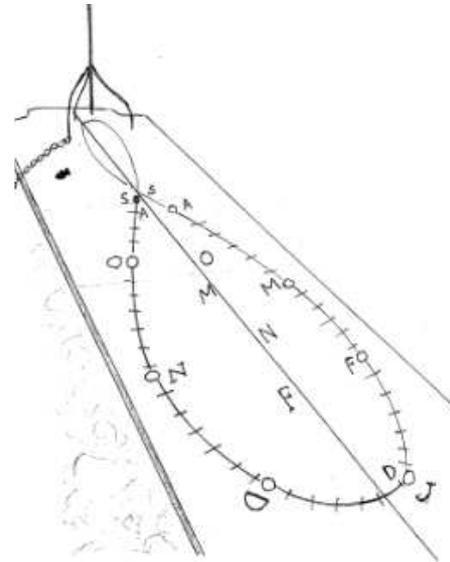


Fig 9 :

Qui cherche finit par retrouver, et voici la citation: . . . «(le cadran analemmatique) de l'église de Brou (...) possède la particularité de posséder dans sa partie centrale une "courbe en 8 de temps moyen ». Cette courbe, selon constitue une aberration car elle ne peut être directement utilisée pour la détermination de l'heure moyenne. Ce n'est qu'un moyen graphique pour indiquer la correction due à l'équation de temps ; elle aurait pu être tracée à côté du cadran ou mieux remplacée par un tableau qui aurait été plus précis (...). Son emplacement prête à confusion et bien des esprits pensent que cette courbe en 8 doit être utilisée pour placer le style vertical mobile !" « Ce n'est qu'un moyen ... de temps. » : soit, comme je le disais dès le début de ces investigations, un graphique d'équation de temps incorporé à un cadran solaire. C'est presque mot pour mot la théorie de j'osais émettre, rejetée par mes correspondants. Mais qui a pu écrire une telle ânerie, et où ? Un humoriste, dans l'Almanach Vermot ? Pas du tout: c'est de R. Rohr, rapporté et commenté par J. Fort dans Cadran Info N°3 de mai 2001... Je ne suis donc pas le premier à y avoir pensé : quelle déception ! Mais aussi quel réconfort et que de satisfaction d'être arrivé à la même conclusion qu'une "pointure" comme R. Rohr ! (Mais peut-être avait-il, lui, des informations précises sur l'intention de l'auteur de cette courbe). Ainsi, Camus n'a rien inventé ! A la suite de cette citation (hérétique ?), il serait intéressant de savoir si la conclusion de M. Rohr aurait aujourd'hui "droit de cite" à la C.C.S... Peut-être cette explication due à une telle personnalité (et non à un obscur prosélyte) parviendra-t-elle à me réhabiliter aux yeux de mes prestigieux détracteurs. Comme je l'ai déjà dit, je ne suis qu'un touriste, je n'ai ni l'ambition ni les compétences pour bouleverser les usages de la gnomonique. Mais il arrive que des découvertes soient faites par des amateurs parfaitement incompetents ou des non-spécialistes, qui, à la lumière d'un détail parfois apparu à eux fortuitement trouvent d'une manière surprenante, voire intempestive, la solution à un problème considéré, comme complexe, sinon insoluble ayant échappé auparavant à la vigilance des spécialistes compétents, ou qui le jugeaient inintéressant et négligeable et devant être traité par le mépris avant que les mathématiciens ne s'en emparent et ne les traduisent en graphiques, abaques, théorèmes, formules algébriques, trigonométriques, que sais-je... qui parfois réussissent l'exploit de compliquer un problème simple à l'origine ! Restons humble dans nos exemples (!) : Alfred

Wegener n'était pas géologue ; cependant il découvrit le principe de la tectonique des plaques : rigolade générale chez les géologues... jusqu'en 1967 ... ou le monde scientifique admit unanimement sa théorie ! (Si je ne me compare qu'à Wegener, ne voyez là de ma part qu'un excès de modestie ...)

Foin de plaisanteries et revenons au cadran de Brou. Je pense que les petites amorces coupant les courbes du 8 ou bien divisent les mois par paquets de 3 jours (?), ou bien sont plutôt des divisions servant à compter (à peu près) les valeurs d'EQT. Au seul examen de ma photo (décalquée pour plus de lisibilité, mais fidèlement), il n'est pas facile de les interpréter. Si ce sont des divisions de minute en minute à partir de la méridienne, utilisée comme ligne d'équation zéro et en la quittant perpendiculairement à partir du pied du gnomon, cela ne colle pas : onze divisions jusqu'au début novembre, cela ne correspond pas à l'EQT (16 minutes) ; si on compte par deux minutes, cela fait 22 minutes, ça ne colle pas non plus, même si l'on essaye d'intégrer la correction de longitude (à peu près 10 minutes par rapport au méridien de Paris) : on devrait donc arriver à 26 minutes. En revanche, cela semblerait coller si on compte de deux minutes en deux minutes de la méridienne à début décembre, et de une minute en une minute ensuite : on trouverait 16 minutes pour obtenir le temps moyen local, ce qui indiquerait que la courbe a été réalisée avant 1891. Ce serait à vérifier sur place avec les autres fractions de courbes. Si un collègue du coin a des informations là-dessus, elles seraient les bienvenues.

Mais alors, à qui se fier!

Ainsi, mon "affaire" peut poser des problèmes de crédibilité. Si effectivement Georges Camus s'est trompé (sur 7 cadrans que j'ai évoqués, 6 erronés ou anormaux, c'est une belle proportion ; ce n'est plus de la constance dans l'erreur, c'est de l'acharnement !), s'il est capable de faire des erreurs aussi grossières et si nombreuses, je vais être incité à relire avec un œil très critique, voire méfiant ou carrément incrédule son magistral ouvrage sur les C.S. de Paris, écrit avec Mme Gotteland, que je tenais jusqu'ici pour un monument par ses aspects technique et pédagogique présentant pour une fois des explications claires, compréhensibles par le néophyte ou le béotien, bien que G. Camus ait laissé passer quelques bourdes énormes pages 207-208.

Au contraire, si c'est moi qui me trompe, on peut prendre ma conclusion pour les élucubrations farfelues (ce qui, apparemment, n'est pas tout à fait le cas) d'un petit rigolo qui ne connaît rien et se permet d'avoir des opinions (ça, ça ne me vexe pas parce que je sais que c'est vrai ...). Mais ce n'est pas gentil pour M. Rohr qui était parvenu, bien avant moi, aux mêmes conclusions... Et ce n'est pas vraiment n'importe qui. Il se pourrait, je veux bien l'admettre, que j'aie lu ces propos sans bien y prendre garde et que ce soit eux qui m'aient inspiré ma conclusion après avoir investi mon inconscient à l'insu de mon plein gré : mais là, on sort du domaine de la gnomonique pour entrer dans celui de la psychanalyse ! Le problème, c'est que M. Rohr n'est plus là pour débattre et qu'il me laisse seul pour défendre "notre" théorie (à moins de trouver d'autres renforts ...).

Mais si R. Rohr a raison (par conséquent, et par hasard, moi aussi), quelle opinion pourra-t-on avoir sur ce que "nos" contradicteurs ont écrit ou vont écrire sur le sujet ? L'un d'eux me signale une courbe identique à Charleville-Mezieres signée Gaspard Monge, excusez du peu. Lui aussi se serait rendu coupable de la même "erreur". Difficile à digérer. Il m'a fait remarquer aussi que tout le monde peut se tromper (ah, c'est ben vrrrrai, alorrrrs !) et que "vouloir sauver à tout prix une courbe fautive sous prétexte qu'elle a été tracée par une "personnalité" de la gnomonique n'est pas défendable". C'est une prise de position bien téméraire, car réversible et pouvant avoir un effet boomerang !!! Brrrr, ça sent la poudre, il va y avoir de grosses colères et vont fuser les noms d'oiseaux !

Mais bouclons la boucle et revenons à Samoëns, point de départ de mes investigations. Ainsi, il ne serait pas exclu que frère Arsène (si c'est bien lui) ait eu la même idée que Monge et plus tard Camus et réalisait une courbe "d'équation de temps" en lieu et place d'une courbe "de

temps moyen". Bien sur, l'indication est très approximative, surtout en l'absence de ligne de midi vrai (le restaurateur aurait pu la restituer sans risque de tomber dans la notion de "restauration abusive" : on en a vu d'autres en archéologie!). C'est aussi cet emploi qui expliquerait sa hauteur et sa longueur "fautives" : comme à Villegats, il n'y a aucune relation possible ni envisagée entre l'oeilleton et la courbe, cela ne fonctionne pas comme une méridienne de temps moyen ... puisque ce n'en est pas une ! Quant à la précision (absente, bien entendu), elle ne dépare pas : j'ai toujours souri (et c'est un euphémisme) en voyant les tables de Flamsteed précises à la seconde près, alors que les heures d'un C.S., surtout entre les lignes horaires, sont du domaine du pifomètre, à part quelques rares exemples de cadrans aux gravures très fines (Rothau ... ou Damas, par ex.). De toute manière, on ne peut envisager une précision inférieure à la minute dans le meilleur des cas, sauf peut-être dans des installations de grandes dimensions (Jaipur, Tavel... Et même à Tavel, les écarts de l'EQT sont raisonnablement et judicieusement arrondis à la minute, parfois pour deux ou trois jours voire plus). Il ne faut pas oublier qu'un cadran solaire avant tout, est un objet utilitaire, même s'il est souvent aussi un objet de décoration ou un élément de standing et seulement parfois (et probablement rarement) un instrument à vocation vraiment scientifique (assez rudimentaire, tout de même), voire un terrain de jeux intellectuels où les passionnés de mathématiques se font plaisir (et ils ont bien raison, je les envie, car je ne puis en faire autant ...).

Appel au peuple!

C'est ainsi que, pour le moment, je m'autorise à maintenir les résultats de mon intuition (c'est la seule solution que je possède, donc j'y tiens !). Mais Je ne suis ni sectaire ni obtus. Aussi, j'émetts deux souhaits :

1 - Si un (ou des) collègue(s) de la CCS me présente(nt) une autre solution argumentée et évidente, je suis prêt à faire amende honorable et à renier mon hypothèse. Mais je récuse à l'avance la réponse simpliste "erreurs" : il y en a trop pour que cette disposition soit fortuite et involontaire. Aberration : probable; Amusement, facétie: certainement; Mystification ou imposture: Impensable; Mais erreur, sûrement pas.

Peut-être Georges Camus a-t-il fait à ce sujet des confidences sur sa démarche ou laissé des documents éclairants à quelque membre de la CCS ?

2 - Si des collègues de la même CCS connaissent ou découvrent d'autres exemples de courbe inversée, je serais ravi qu'ils me les signalent. C'est avec angoisse que j'attends des réactions. C'est avec plaisir que je recevrais des informations complémentaires, mais constructives et sans "a priori".

Le pourquoi de l'équation du temps.... Une information de J. Theubet



Jules Audemars, est créateur de merveilleuses montres astronomiques intégrant entre autre l'équation du temps. Pour expliquer l'écart entre le temps moyen et le temps vrai, une animation de 4minutes 15 est proposée sur le site:

http://montres-de-luxe.com/Jules-Audemars-Equation-du-temps_a710.html



Analemme à Rasht (Iran)

Par R. Kriegler/traduction F. Pineau

Rasht, qui est aussi appelée Resht, est située à environ 25 km au sud de la mer Caspienne près de l'embouchure du fleuve Sefid Rud (la rivière blanche): 37°16'N, 49°36'E. Rasht possède maintenant environ 394 000 habitants. C'est le centre administratif et économique de la verte province de Gilan. On y cultive le riz, le coton et les cacahuètes; on y produit de la soie, du textile, du verre et de l'agro-alimentaire.



A côté de la Rasht moderne aux apparences occidentales, il y a aussi un ancien quartier historique où on peut voir en particulier deux maisons classées avec de larges vérandas en bois et des toits de tuiles rouges. A Rasht, le taux de chômage est actuellement de 30%. A mon avis, c'est le signe d'une grande confiance en un avenir meilleur, si la communauté décide de promouvoir et financer la construction d'un cadran solaire.



▲ Le cadran analemme de Rasht.
Au fond, on peut voir le bâtiment de la société astronomique THAQIB ▶



Dans le nouveau parc Bustan-e Mellat, où se trouve aussi l'immeuble de la société astronomique THAQIB, le premier cadran analemme a été inauguré le 2 mars 2002 par une belle journée ensoleillée, en présence de nombreuses personnalités. Parallèlement à l'inauguration, était organisée une exposition photo sur les cadrans solaires du monde. Ce cadran analemme devrait être le début de la construction d'un parc de cadrans solaires qui plus tard devrait aussi - et ceci est une vision courageuse- devenir une attraction touristique.

Il me semble que débiter par un cadran analemme a été une sage décision! Ce type de cadran nécessite toujours une présence humaine pour se tenir debout au centre de l'échelle des dates afin d'indiquer l'heure locale par la projection de son ombre. Pour

construire un cadran analemmatique, il faut toujours un grand nombre d'aides et de collaborateurs. Ce type de cadran est, par essence, interactif et communicatif.



Deuxième en partant de la gauche: M. Bagheri pendant un contrôle.

Ce cadran nous invite à réfléchir individuellement sur le temps, le temps qui passe, mais il nous invite aussi à discuter avec les gens qui passent à proximité. Le père spirituel de ce cadran a été le Professeur Mohammad Bagheri de Teheran. Il a écrit deux articles dans le Compendium 5-4 et le Compendium 9-4, de la North American Sundial Society, l'un sur l'histoire de la gnomonique Persan et l'autre sur l'état actuel de la gnomonique Iranienne. Dans les bibliothèques iraniennes, il y a de nombreux livres Persans et arabes, décrivant les cadrans solaires et les astrolabes ainsi que sur leur construction. Par contre, en ce qui concerne les nouvelles publications, il semble qu'il y ait un grand retard à rattraper

Le dernier livre paru sur le sujet en Iran, écrit par M. A. Ahya'i, a été édité en 1985 et il est épuisé depuis longtemps. En Perse, la construction des cadrans solaires sur les mosquées était très répandue afin de déterminer le moment des cinq prières pour les musulmans. Comme en Europe, l'art de la gnomonique a été négligé dès l'apparition des horloges mécaniques. Les cadrans des mosquées n'ont pas été entretenus et ont en partie disparu. Cependant, comme en Europe, en Amérique du nord et dans le Sud-Est asiatique, il y a un changement de conscience. On se rappelle les trésors historiques, on reconnaît les qualités magnifiques des cadrans solaires et on commence à en construire de nouveaux, ainsi qu'à entretenir et rénover les anciens.



C'est ainsi qu'à Rasht, le 27 septembre 2002, a été créé un groupe de travail sur les cadrans solaires, avec l'aide de la société astronomique THAQIB. La plupart des jeunes écoliers étudieront les cadrans solaires sous leur aspect mathématique, astronomique et artistique. Dans l'avenir, ils prévoient de construire des cadrans à différents endroits de la province de Gilan. Pour encadrer cette fougue juvénile et l'enthousiasme pour le vaste sujet des cadrans solaires, il faut en premier lieu une grande réflexion afin d'organiser les projets.

L'Iran est un pays béni par le soleil. Les conditions sont donc excellentes pour une nouvelle prospérité des cadrans solaires. A première vue, il pourrait paraître un peu curieux

que le noyau de ces nouvelles activités gnomoniques se trouve à un endroit où les précipitations annuelles atteignent en moyenne 1000 mm. Etant un citoyen de Bremen, la ville d'Allemagne ayant la plus grande densité de cadrans solaires (et avec des précipitations similaires), je ne peux qu'encourager les jeunes filles iraniennes:

Là où le Soleil se fait rare on l'apprécie d'autant plus et on aime construire de beaux cadrans solaires!

Si vous voulez conseiller ou aider ce nouveau groupe de travail - **surtout aider** - vous êtes aimablement invité à écrire à:

Sundial Group c/o Mohammad Bagheri, P.O. Pox 13145-1785, TEHERAN, IRAN.

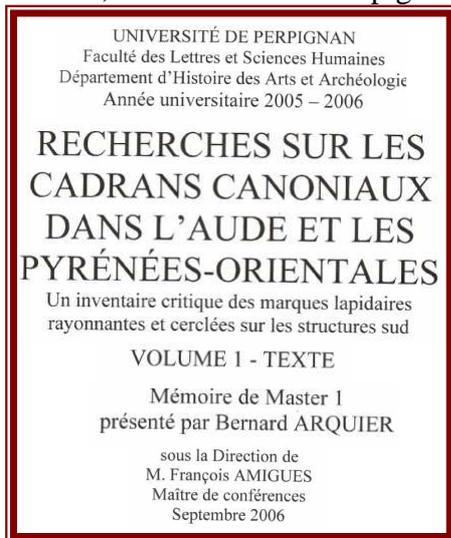
Je suppose qu'ils seraient probablement heureux de recevoir des livres sur les cadrans solaires d'Europe!

Le site Internet de: [Frans W. Maes](#) offre un excellent tour d'horizon sur les cadrans analemmtiques. Le premier cadran analemmtique de Rasht y est aussi décrit.

Reinhold R. Kriegler, ReinholdKriegler@hotmail.com

A la recherche des cadrans canoniaux... D. Scheiner

Sa passion et ses études concernant les cadrans solaires canoniaux, a conduit M. D. Scheiner à offrir son aide à **M. Bernard Arquier** dans le cadre du mémoire de Master 1 de celui-ci, à l'université de Perpignan (département Histoire des Arts et Archéologie).



Le mémoire est composé d'une soixantaine de pages consacrées à ces <<marques lapidaires>> que l'on relève sur de nombreux édifices et interprétées comme des cadrans canoniaux.

Cet ouvrage recense ce type de marques sur les édifices religieux des départements de l'Aude et des Pyrénées-orientales avec une attitude critique vis-à-vis de ce *corpus*. Il s'agit dans un premier temps d'un simple inventaire. Il faudra ensuite discuter de l'attribution d'une fonction horologique à ces gravures.

Les raisons du choix géographique, le type d'édifice répertorié et les critères de sélection des marques seront développés *infra* (Inventaire).

Il n'est pas question dans cette étude d'aborder la datation de ces "cadrans", ni de leur utilisation éventuelle dans le domaine liturgique. Ce travail qui demande une recherche approfondie sera abordé ultérieurement dans le cadre d'un autre mémoire. Présentement il s'agit de dresser un inventaire sur deux départements et d'effectuer une critique de ces types de gravures dans <<le cadre du corpus général des marques lapidaires>>.

Après une introduction aux cadrans solaires et aux heures (égales et inégales), il est présenté le contexte médiéval sur la mesure du temps et de la liturgie. Les cadrans canoniaux sont ensuite détaillés (historiographie, disciplines, transmission de l'antiquité au MoyenAge). L'inventaire par lui-même comprend la liste des sites visités, les types de marques, la classification et autres précieux renseignements.

La deuxième partie produit les tableaux récapitulatifs, les positions géographiques figurées sur des cartes et les photos des cadrans dans leur environnement et en gros plan.



Gnomonique virtuelle

Par Luigi Massimo Ghia et Tonino Tasselli

Voici quelques réalisations gnomoniques virtuelles présentées par les auteurs lors du XIV^{ème} séminaire National de gnomonique tenue à Chianciano (SI) en octobre 2006.

SOMMAIRE Les instruments de dessin informatique tridimensionnel (CAD 3D) ont permis aux gnomonistes de réaliser virtuellement des projets gnomoniques sans la nécessité de réaliser matériellement des maquettes.

Ceux-ci permettent de vérifier l'exactitude du projet et des calculs.

On présente ici un ensemble de plusieurs types de cadrans solaires, quelques un inédits, tous calculés avec la méthode vectorielle présentée dans le dernier XIII^{ème} Séminaire National d'Italie.

Cet article se propose de montrer et de vérifier la flexibilité de la liaison entre le calcul vectoriel et les instruments de dessin

Il utilise les méthodes exposées dans l'article Ref [7] de la bibliographie. Cet article est disponible sur internet.

Préface

Depuis plusieurs années quelques gnomoniste, parmi les plus «informatisés», utilisent des logiciels pour dessiner en 3D (trois dimensions) pour expliquer et visualiser leurs créations gnomoniques.

L'un des buts les plus importants qu'on atteint grâce au dessin 3D est celui d'avoir une idée du résultat du cadran que l'on veut réaliser.

Il est possible de dessiner l'environnements qui entoure les cadrans (arbres, toits, balcons, corniches, etc.), et d'analyser la projection des leurs ombres engendrées dans les différents mois et heures de l'année.

Un autre objectif important qu'il est possible d'atteindre grâce aux techniques de dessin en 3D appliquées au cadrans solaires est celui de montrer, surtout aux fin didactiques leurs fonctionnements, à l'aide d'animations.

Mais la caractéristique la plus importante qu'on veut mettre en évidence, est l'utilité des instruments informatiques de dessin pour la simulation de l'éclairage des cadrans solaires à fin de vérifier l'exactitude du projet et donc son fonctionnement.

Presque tous les logiciels pour le dessin 3D (AUTOCAD, 3D Studio, Bryce, POV Ray, etc.) en donnant heure, date, et coordonnées géographiques, permettent d'éclairer l'objet gnomoniques avec un angle de rayon du soleil qui correspond à la réalité.

Dans le compte rendu qui suit on va démontrer comment il a été possible de vérifier plusieurs projets réalisés en appliquant le calcul vectoriel exposé en Ref [7].

Tous les cadrans solaires projetés et dessinés en 3D sont éclairés avec une lumière solaire virtuelle produite par l'instrument 3D (Autocad dans la majorité des simulations avec des images fixes et 3DStudio ou POV-Ray dans les cas pour des simulations animées).

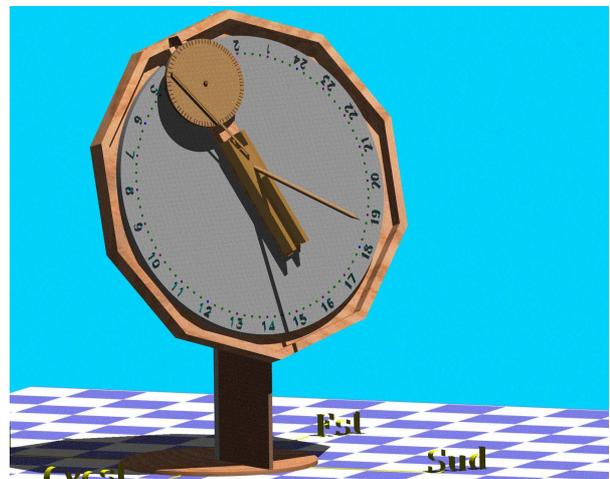
Les illustrations qui suivent ont été obtenues avec ces instruments informatiques.

La méthode vectorielle de projet et la méthode de vérification avec la simulation 3D sont deux instruments complémentaires qui se sont révélés très flexibles ce que nous allons démontrer par la suite.

Cadran de Foster-Lambert incliné et déclinant

Le premier projet qui a été soumis à la simulation 3D est le cadran de Foster-Lambert vertical et déclinant idée par Mac Oglesby, Ref. [1].

Ce cadran nous a tellement impressionné par son originalité et par l'ingéniosité de son système de «mise en date» (nécessaire pour tous les cadrans analemmatiques) que inspiré par ce cadran j'ai écrit un article sur les calculs des cadrans Foster-Lambert quelconques (inclinés et déclinants) publié dans la revue italienne de gnomonique «Gnomonica Italiana» n. 7, Ref. [2].



Les paramètres caractéristiques sont donnés par les équations suivantes:

$$\sigma = \arctan\left(\frac{\cos \varphi \sin d}{\cos d \cos \varphi \sin i + \sin \varphi \cos i}\right)$$

$$\varepsilon = \arcsin\left(\sqrt{\frac{1 + \cos \varphi \cos d \cos i - \sin \varphi \sin i}{2}}\right)$$

$$L \min = R \frac{\sin(2\varepsilon - \delta_{\max})}{\sin \varepsilon \cos \delta_{\max}}$$

$$S = R \tan \delta \cot \varepsilon$$

$$\tau = \arccos(\sin \sigma \cos d \sin i \sin \varphi - \sin \sigma \cos i \cos \varphi - \cos \sigma \sin d \sin \varphi)$$

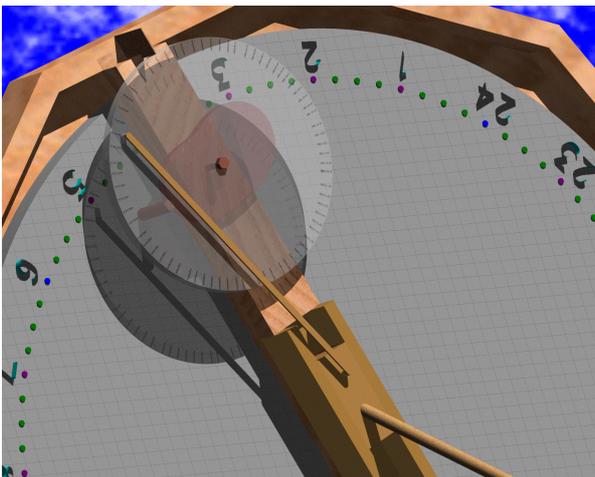
où:

- σ est l'angle que forme la droite de la date (le long de la quelle glisse le pied de le style) avec la droite de pente maximum.
- ε est l'élévation du style sur le plan de l'horloge.
- L_{min} est la longueur minimale que doit avoir le style.
- S est le déplacement du style en fonction de δ (déclination du soleil dépendante de la date).
- τ est l'angle que la ligne droite du midi forme avec la ligne droite équatoriale (normale à la droite de date).

Tous ces paramètres sont fonction de φ (latitude), d (déclination) e i (inclination du plan du cadran).

Ces paramètres peuvent être obtenus par une construction géométrique (démontré dans un article de la revue italienne de gnomonique «Gnomonica Italiana» n.9 Ref. [3] dans le cas de Foster-Lambert vertical et déclinant).

Outre l'exactitude des heures indiquées a été vérifiée la justesse de l'ingénieux mécanisme de «mise en date» qui, comme l'a démontré Mac Oglesby permet avec un seule manœuvre d'effectuer soit le déplacement du style soit la rotation du disque des heures afin d'appliquer la correction de l'équation du temps.

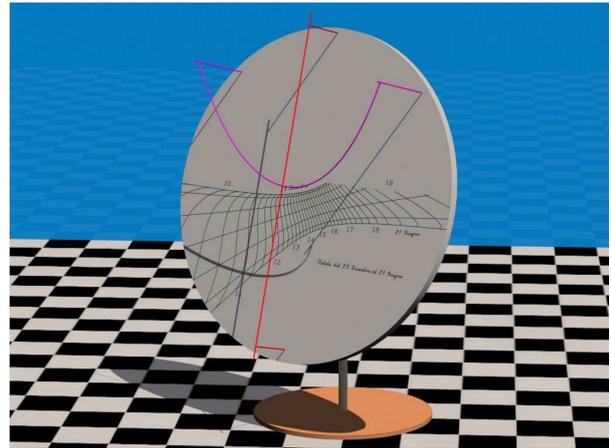


Cadran sur un plan incliné et déclinant bifilaire (fil 1 caténaire, fil 2 rectiligne).

Le calcul vectoriel est apprécié surtout dans les projets des cadrans mono filaires et bifilaires.

C'est pour cela que l'une des premières simulations a été bifilaires à fils non nécessairement rectilignes.

Par exemple sur un plan incliné et déclinant dont le système bifilaire est constitué par un fil parallèle rectiligne au plan et orienté comme la droite à plus grande pente, par ailleurs l'autre fil disposé dans un plan vertical et soumis à la force de gravité (et donc en formant une chaînette qui se dispose d'une façon oblique par rapport au plan).



Le système de repère choisi est lié au plan du cadran, avec l'axe Z normal à celui-ci, l'axe Y orienté comme la droite de plus grande pente et par conséquent l'axe X vise à droite en façon que le trièdre orienté des axes soit orthogonale et dextrorsum.

Pour le calcul on base les systèmes suivants d'équations:

$$\begin{cases} x_1 = r_x t_1 + s_1 \\ y_1 = r_y t_1 + Y_c \cos i \\ z_1 = r_z t_1 + Y_c \sin i + d_1 \\ z_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = r_x t_2 \\ y_2 = r_y t_2 + s_2 \\ z_2 = r_z t_2 + d_2 \\ z_2 = 0 \end{cases}$$

où Y_c dans l'expression de z_1 est donné par

$$Y_c = f \cosh\left(\frac{s_1 - x_v}{f}\right) + y_v - f$$

qui exprime l'équation générale d'une chaînette, (f est le facteur d'échelle et x_v et y_v sont les coordonnées du sommet), d_1 est la distance des liens de la chaînette au plan et d_2 est la distance du fil rectiligne au plan; r_x r_y et r_z sont les cosinus directeurs du rayon projectif défini en Ref. [7], i est l'inclinaison du plan du cadran, ($i = 0$ si le cadran est vertical).

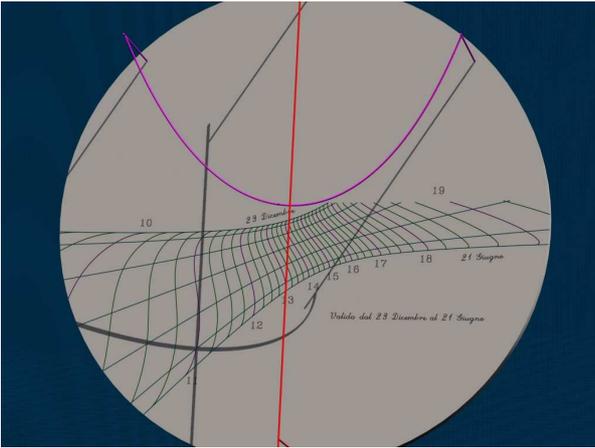
De chacun de deux systèmes on tire les expressions de t_1 et t_2 qui remplacées respectivement en x_1 y_1 z_1 , et x_2 y_2 z_2 , donnent les équations des ombres des fils en fonction respectivement de s_1 et s_2 .

En résolvant ce système d'équations paramétriques on parvient à une équation finale en s_1 qui peut être résolue de manière numérique (Newton).

s_1 étant déterminé et remplacé dans les équations paramétriques du fil 1 on trouve enfin les coordonnées du croisement des ombres.

On pouvait faire la même chose en déterminant s_2 et en le remplaçant dans les équations paramétriques du fil 2.

La méthode, apparemment compliquée, est décrite amplement en Ref. [7], et on parvient au résultat final montré en détail dans l'illustration qui suit.



La méthode de calcul illustrée est, pour ainsi dire, "locale."

En effet la méthode du cadran équivalent se heurterait, dans ce cas, avec le fait que, la force de gravité (qui oriente la chaînette), n'est pas transportable.'

En autres termes, l'horloge ne peut pas être transporté rigidement et parallèlement à lui même de l'endroit équivalent, dans lequel il est calculé comme 'simple' cadran horizontal, à l'endroit de fonctionnement car la chaînette change de position à cause de la orientation différente de la force de gravité.

Cadran bifilaire sur un plan horizontal (fil 1: rectiligne, fil 2: cercle).

Une autre cadran bifilaire avec deux fils non rectilignes plutôt évident à expérimenter a été celui formé d'un fil vertical et d'un cercle horizontal.

Le système de référence est lié au plan horizontal de l'horloge et les systèmes d'équations de départ sont:

$$\begin{cases} x_1 = r_x t_1 \\ y_1 = r_y t_1 \\ z_1 = r_z t_1 + s_1 \\ z_1 = 0 \end{cases}$$

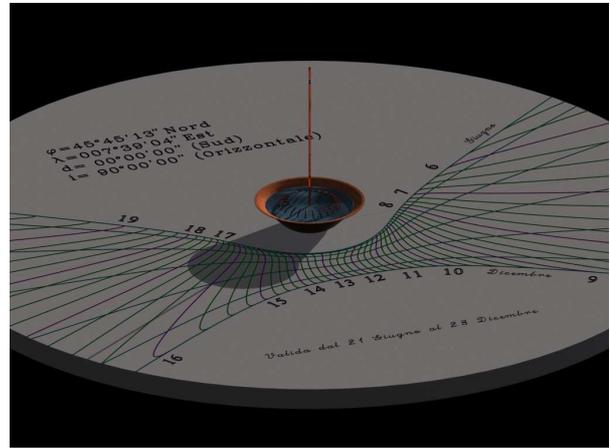
$$\begin{cases} x_2 = r_x t_2 + s_2 \\ y_2 = r_y t_2 + \sqrt{R^2 - s_2^2} \\ z_2 = r_z t_2 + h \\ z_2 = 0 \end{cases}$$

En adoptant la procédure indiquée dans l'exemple précédent, cette fois on obtient une solution algébrique des coordonnées du croisement des ombres des fils:

$$x = \frac{R r_x}{\sqrt{r_x^2 + r_y^2}} - \frac{h r_x}{r_z}$$

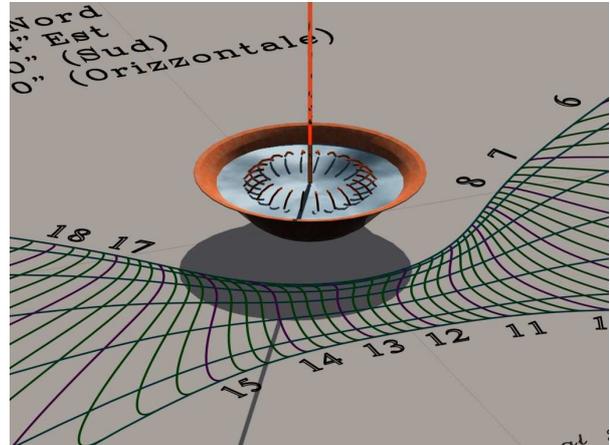
$$y = \frac{R r_y}{\sqrt{r_x^2 + r_y^2}} - \frac{h r_y}{r_z}$$

où R est le rayon du cercle et h est sa distance du plan.



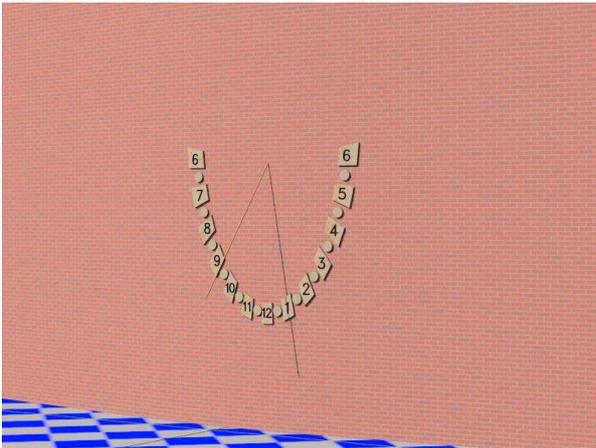
Une idée qui on peut réaliser peut être celle d'une hampe comme fil vertical tandis que le fil horizontal est le bord d'une fontaine ronde ou d'un grand vase de fleurs.

On lit l'heure en observant, sur le cadran tracé sur le plan, le croisement de l'ombre de la hampe avec celle du bord circulaire de la fontaine.



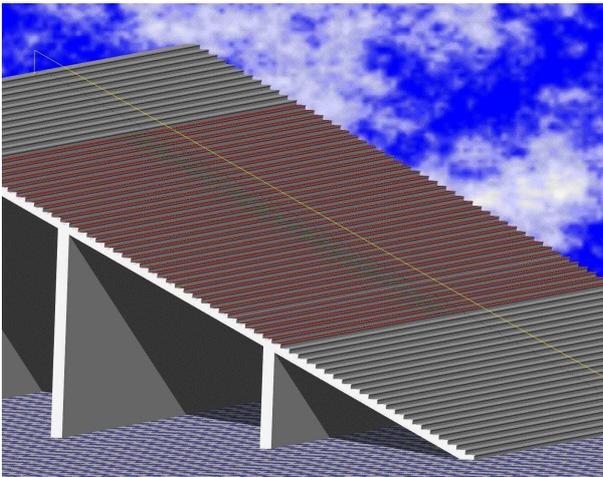
Cadran classique sur une surface composée par deux plans latéraux raccordés à un cylindre central.

Accidentellement, au cours de cet année gnomonique nous nous sommes trouvés à appliquer la simulation 3D aussi à une horloge classique vertical ayant cependant la particularité d'être dessiné sur une surface en partie cylindrique et en partie plane, en formant ainsi un mur convexe à la forme de museau de taureau (Bullnose). L'horloge a été réellement construit à Oxford, sur le mur d'une maison pour étudiants, par le gnomoniste anglais David Brown auquel nous avons apporté notre contribution modeste en préparant une animation et des images statiques pour visualiser, par exemple, la courbure de l'ombre du style, et vérifier l'exactitude du projet et des calculs.



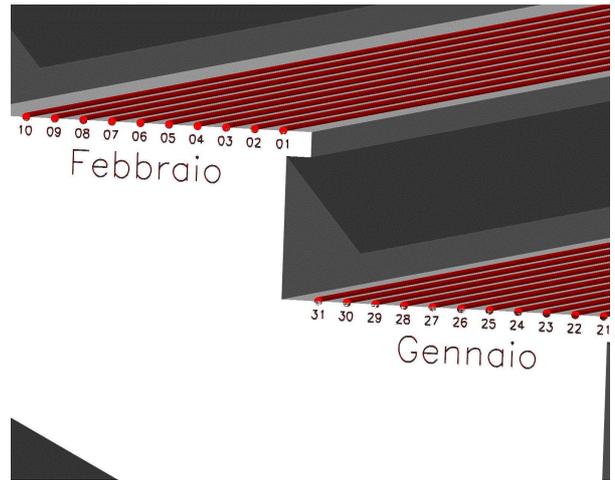
Cadran mono filaires sur un escalier d'orientation quelconque .

Maintenant il y a une série des cadrans mono filaires que l'on peut visualiser avec facilité en appliquant la méthode vectorielle en Ref. [7], (cependant dans le Ref. [7] on ne trouvera pas d'exemple de ce type de cadran). Dans un cadran mono filaire, comme on le sait, il faut connaître la date à priori; on lit l'heure en croisant l'ombre du fil unique avec la ligne correspondante de la date tracée sur le cadran. Le réseau des heures est tracé sur celui des lignes des dates.

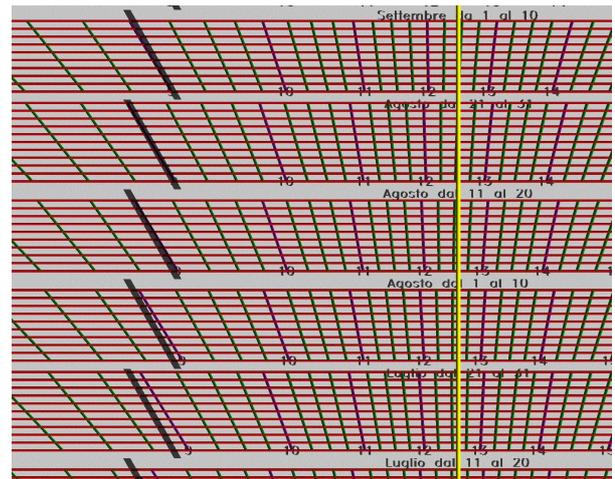


Une réalisation possible de cadran mono filaire consiste à utiliser comme mono fil la main courante centrale d'un escalier. L'escalier, et par conséquent la main courante, peut être orientée de façon quelconque et de n'importe quel pente, même s'il serait préférable, mais pas nécessaire, que la main courante soit orientée plus ou moins comme l'axe polaire.

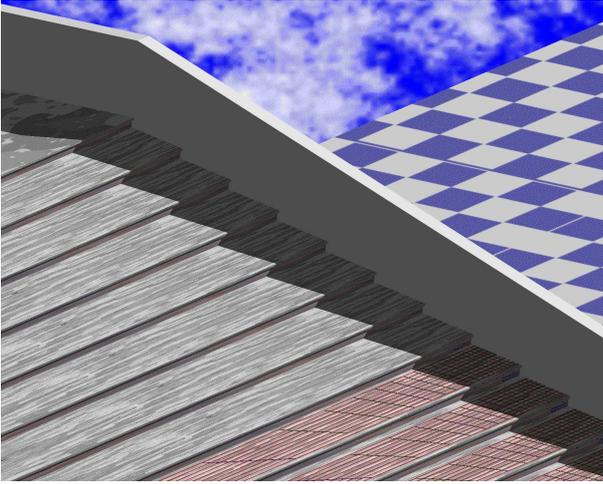
Les lignes des dates peuvent être arbitraires et l'on peut faire en telle sorte qu'elles coïncident avec des droites transversalement tracées sur les marches. Selon le nombre de marches à disposition, on décide avec quelle résolution tracer les dates. Pour exemple on peut utiliser une marche pour chaque mois ou deux, (quinze jours par marche) ou trois, (une décade par marche).



On lit l'heure en déterminant la marche correspondante à la date et sur celle-ci la ligne de la date (ou son interpolation s'il s'agit d'une date intermédiaire). L'ombre de la main courante recouvrira la ligne de l'heure (ou son interpolation). Souvent les mains courantes sont doubles et alors on utilisera une pour les heures en avant de l'heure sous-styilaire et l'autre pour les heures après l'heure sous-styilaire.



Une variante à cette réalisation est celle d'exploiter comme mono fil, le bord d'un éventuel d'un mur latéral. Si l'on dispose de deux murs, on utilisera l'un ou l'autre selon que l'heure à lire précède ou suit l'heure sous-styilaire. Ce type de construction, cependant ne fonctionne pas du tout dans les environs de l'heure sous-styilaire.



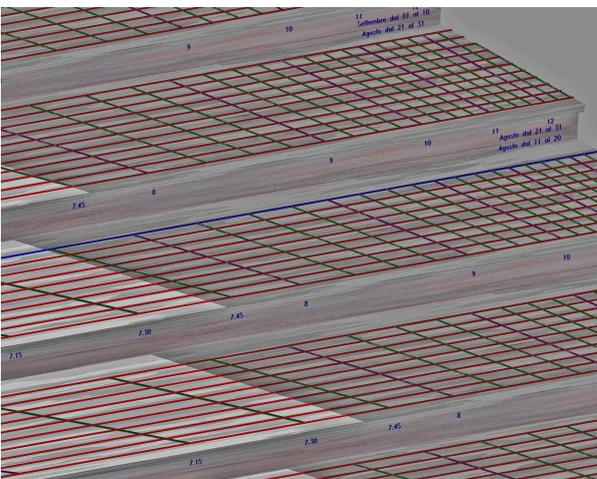
Le système de référence est répété pour chaque marche et fixé de manière que l'axe X soit long la ligne des dates, l'axe Z soit vertical ou de toute façon perpendiculaire à la marche si la marche a une pente, au-delà à l'escalier. L'axe Y est orthogonal à X et Z et il est orienté vers l'intérieur de l'escalier.

Le système d'équations de base est le suivant:

$$\begin{cases} x = r_x t \\ y = r_y t + s \cos \varepsilon \\ z = r_z t + s \sin \varepsilon + h \\ z = 0 \end{cases}$$

où h est la distance de la main courante mesurée orthogonalement au plan de la marche de la première ligne de déclinaison et ε est l'élévation de la main courante par rapport au plan de la marche, (il coïncide avec la pente de l'escalier si les marches n'ont pas de propre pente).

D'ici on calcule, en résolvant en t , les équations paramétriques de l'ombre $x=x(s)$ et $y=y(s)$, et puis pour trouver la valeur de s quand l'ombre traverse la ligne de déclinaison de ordonné k il suffit d'égaliser $y(s) = k$



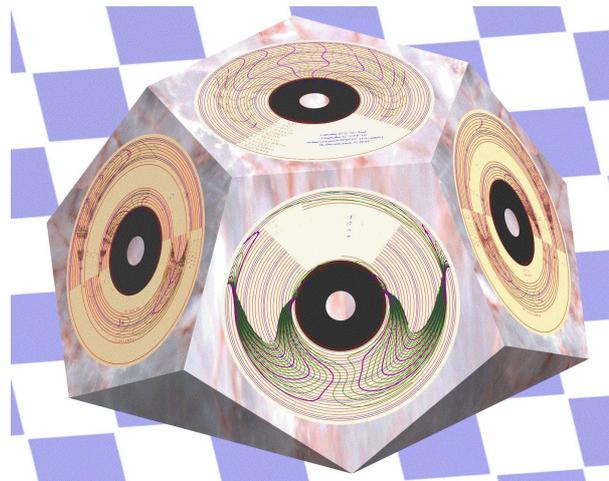
Cadran multiple à diffraction.

L'horloge célèbre et ingénieux à diffraction dessiné sur les CD inventés par les docteurs Catamo et Lucarini (Ref.

[5]), peut être classifié comme un type spécial de cadran mono filaire avec le fil orthogonal au plan du CD. Pour lire l'heure sur un tel type de cadran il faut placer l'œil sur la vertical qui passe par le centre du CD et observer la ligne de diffraction où elle traverse la ligne de la date. Les lignes des dates sont des cercles concentriques et les lignes des heures ils ont l'allure typique d'un S.

Dans la Ref. [5] on suggère deux exemples réalisés: un dans lequel le CD est disposé comme le plan équatorial et le mono fil idéal orienté comme l'axe polaire (classique équatorial); l'autre où le CD est disposé horizontalement et le mono fil idéal orienté comme la vertical locale, (classique azimutal horizontal). Ces réalisations ont cependant des limites: la première fonctionne seulement dans les mois d'été, (de l'équinoxe de printemps à celui d'automne), et tous les deux ont le problème que dans les heures dans lequel le soleil est près de la normale au plan du CD, la tête du lecteur peu l'obscurcir. Il serait préférable d'avoir à sa disposition une multiplicité de CD de diverses orientations de manière à pouvoir choisir pour la lecture celui ou ceux où le soleil se trouve disposé assez latéralement.

À ce but a été conçu le cadran multiple qui suit, construit sur la partie supérieure d'un dodécaèdre et à qui nous avons donné le nom de "Diamant" pas seulement pour la forme mais aussi pour les irisations dues à la réflexion.



Le système de repère est différent évidemment pour chaque CD, (il sera avec l'axe Z perpendiculaire au CD, avec l'axe X horizontal et avec Y le long de la ligne de plus grande pente). Le système d'équations de base valide pour un générique mono filaire plat, avec le mono fil qui passe pour le centre de l'horloge, est le suivant.

$$\begin{cases} x = r_x t + s \cos \varepsilon \sin \sigma \\ y = r_y t + s \cos \varepsilon \cos \sigma \\ z = r_z t - s \sin \varepsilon \\ z = 0 \end{cases}$$

où ε c'est l'angle d'élévation du fil par rapport au plan du cadran et σ est l'angle dont le plan, contenant le fil est tourné autour de l'axe Z, c'est-à-dire l'angle dièdre formé par les plans normaux au plan de l'horloge et passant l'un

par la ligne sous-styloire et l'autre par la ligne de plus grand pente.

Comme d'habitude en tirant t de tel système on trouve les équations paramétriques de l'ombre du mono fil $x=x(s)$ et $y = y(s)$, en fonction du paramètre s .

On pose:

$$r = R_{\min} + k(R_{\max} - R_{\min})$$

comme rayon de la circonférence de la date k -ème, (où R_{\max} est le rayon de la circonférence la plus extérieure du CD et R_{\min} celui de la plus intérieure et pour choix arbitraire R_{\min} correspond au 1 janvier et R_{\max} au 31 décembre), on va tracer les courbes gnomonique en résolvant le système:

$$\begin{cases} x = x(s) \\ y = y(s) \\ x^2 + y^2 - r^2 = 0 \end{cases}$$

Dans les cadrans avec le fil orthogonal au plan, comme dans ce cas des cadrans à diffraction, on peut mettre $\varepsilon = 90$ et $\sigma = 0$ et donc le système initial général devient:

$$\begin{cases} x = r_x t \\ y = r_y t \\ z = r_z t - s \\ z = 0 \end{cases}$$

d'où, (de la troisième et quatrième équation), $t = s / r_z$ et donc les équations paramétriques de l'ombre du fil sur le plan $z = 0$ en fonction de s sont:

$$\begin{cases} x = \frac{r_x s}{r_z} \\ y = \frac{r_y s}{r_z} \end{cases}$$

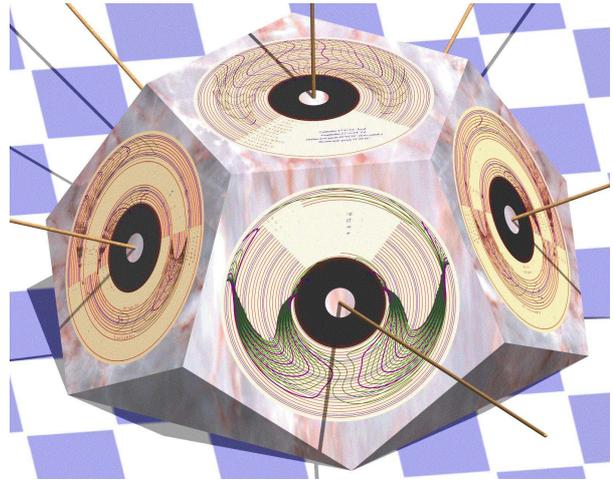
d'où en tenant compte du cercle générique des dates on va trouver s et enfin les coordonnées d'intersection de l'ombre avec le cercle des dates:

$$x = \frac{r_x}{r_z} \frac{r}{\sqrt{\frac{r_x^2 + r_y^2}{r_z^2}}}$$

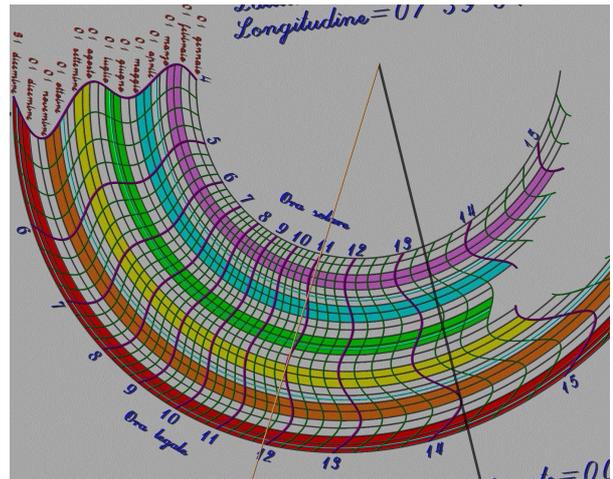
$$y = \frac{r_y}{r_z} \frac{r}{\sqrt{\frac{r_x^2 + r_y^2}{r_z^2}}}$$

La vérification du fonctionnement d'un tel système gnomonique a été faite en imaginant physiquement présents les gnomons mono fil orthogonaux de manière qu'ils pro-

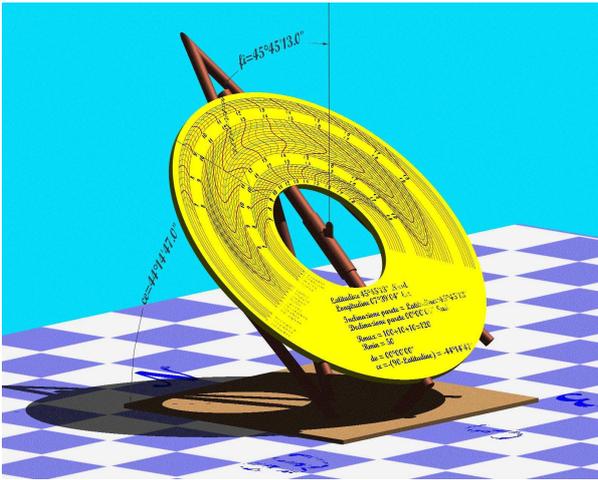
jetent des ombres, mais la réalisation final est évidemment sans gnomons.



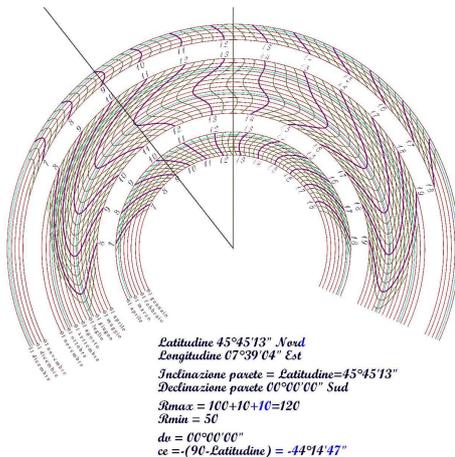
Cadran mono filaire avec fil vertical et cadran circulaire incliné.



Inspiré par l'élégant cadran mono filaire vertical déclinant de Mac Oglesby appelé "Rainbow", dont les lignes des dates sont des arcs concentriques et le mono fil est orienté comme l'axe polaire, nous avons simulé un cadran dont le plan est incliné, (mais pas déclinant), et circulaire, et les lignes des dates sont des cercles concentriques tandis que le mono fil est disposé verticalement.



Cette conception rappelle à l'esprit l'horloge de type Foster-Lambert réalisée par Gordon Taylor pour célébrer le tricentenaire de l'Observatoire de Greenwich; la différence est que dans ce cas il ne faut pas mettre en date le style ni tourner la couronne. Dans les jours des équinoxes, les lignes des heures coupent la circonférence correspondante au 21 mars / 23 septembre en des points ayant entre eux la même distance.

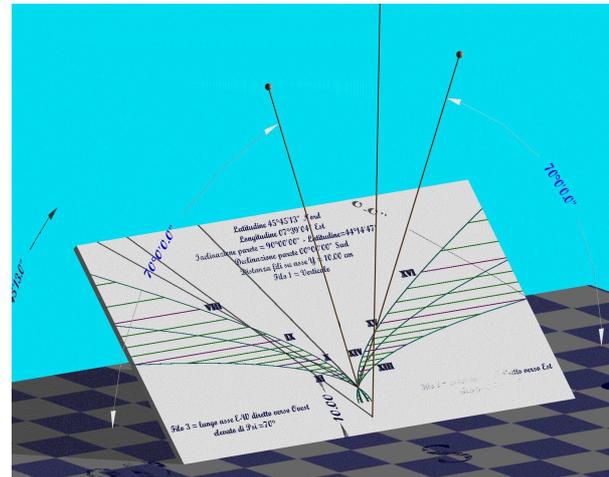


Les deux cadrans, "Rainbow" de Mac Oglesby et le pseudo Foster-Lambert de Taylor, sont calculées en partant du système généralisé pour les mono filaires, en prenant cependant dans le premier cas (Rainbow) pour σ et ε les valeurs classiques bien connues en gnomonique quand le style, (le fil) est orienté comme l'axe polaire, et dans le second cas, (pseudo FL de Taylor) $\sigma = 0$ et $\varepsilon = 90 + \text{colatitude}$ et en inclinant le plan comme la latitude en partant de la position verticale, (donc en inclinant comme le colatitude le plan du cadran par rapport au plan horizontal).

Cadran bifilaire du prof. Rouxel

Nous avons aussi simulé l'horloge curieuse "trifilaire" inventé par le gnomoniste français prof. Rouxel. En réalité il s'agit d'un horloge bifilaire double avec le plan de l'horloge incliné par rapport à l'horizon comme la latitude avec

un fil vertical et deux fils obliques sur le plan Est- Ouest disposés à V et chacun forme un angle ψ avec la ligne horizontale passant pour le sommet du V et orientée E-O. Le système de repère comme d'habitude est lié au plan avec l'axe Z orthogonal à lui même, l'axe Y orienté comme la ligne de plus grande pente et par conséquence l'axe X est dirigé vers la droite. Le sommet du V est mis le long de l'axe Y à la distance d_2 de l'origine, le fil vertical sort de l'origine.



Les équations, comme montré en Ref. [7] pour les bifilaires avec des fils rectilignes d'orientation quelconque, sont obtenues des deux systèmes ci-dessous, (il suffit de calculer les courbes pour un fil oblique, par exemple celui qui fonctionne au matin; les courbes de l'après-midi sont obtenues pour symétrie).

$$\begin{cases} x_1 = r_x t_1 + a_1 s_1 \\ y_1 = r_y t_1 + b_1 s_1 \\ z_1 = r_z t_1 + c_1 s_1 \\ z_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = r_x t_2 + a_2 s_2 \\ y_2 = r_y t_2 + b_2 s_2 \\ z_2 = r_z t_2 + c_2 s_2 \\ z_2 = 0 \end{cases}$$

où $a_1 b_1 c_1$ sont les cosinus directeurs du fil vertical et $a_2 b_2 c_2$ sont les cosinus directeurs du fil oblique, (par exemple celui de droite, de l'après-midi).

$$\begin{aligned} a_1 &= 0 & a_2 &= \cos \psi \\ b_1 &= \sin \varphi & b_2 &= \sin \psi \sin \varphi \\ c_1 &= \cos \varphi & c_2 &= \sin \psi \cos \varphi \end{aligned}$$

On trouve ainsi les équations des ombres des fils, (en résolvant en t_1 et t_2), d'où les coordonnées de l'intersection des ombres:

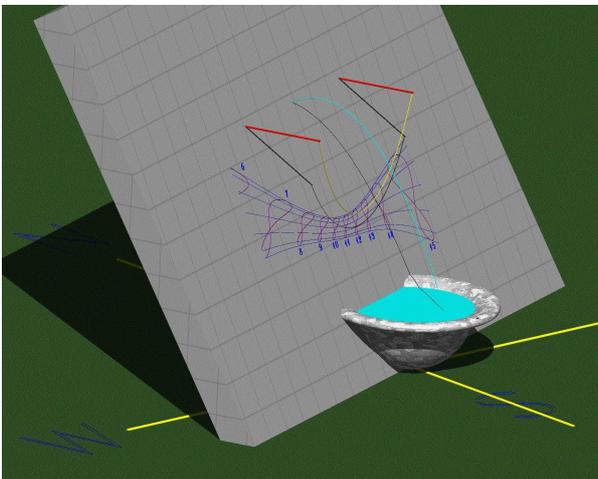
$$x = \frac{d_2 r_x \cos \varphi (r_x \cos \varphi \tan \psi - r_z)}{r_z (r_z \sin \varphi - r_y \cos \varphi)}$$

$$y = d_2 - \frac{d_2 r_x \cos \varphi \tan \psi}{r_z}$$

La particularité curieuse de l'horloge bifilaire du prof Rouxel est celle d'avoir les lignes horaires horizontales et parallèles entre elles.

Cadran bifilaire sur un plan incliné et déclinant, (fil 1 : chaînette, fil 2 : parabole)

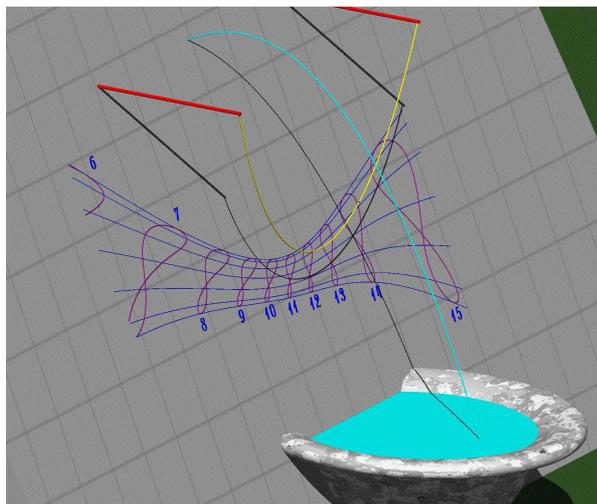
L'état de cet article était presque dans sa version finale, quand nous avons appris par la feuille de nouvelles "Novae" éditée par l'ing. Enrico Del Favero que le célèbre gnomoniste espagnol Rafael Soler avait publié dans le magazine "La Busca de Paper" un cadran bifilaire composé d'un fil en forme de chaînette et d'un fil parabolique produit par le jet d'eau d'une fontaine.



Sans attendre de voir la publication nous n'avons pas résisté à simuler nous aussi cet intéressant système bifilaire auquel nous n'avions pas pensé.

Le plan du tableau est supposé incliné (30°) et déclinant (20°E), la latitude 42°, longitude sur le fuseau de l'Europe Centrale (15°).

Le repère diffère des exemples précédents, avec l'origine



en correspondance avec la sortie du jet. Avec des tels contraintes, l'équation du plan ne sera pas simplement $z = 0$ mais par contre l'équation de la parabole sera simple sur le plan YZ.

Le système d'équations de départ est le suivant:

$$\begin{cases} x_1 = r_x t_1 + s_1 \\ y_1 = r_y t_1 + Yc \\ z_1 = r_z t_1 + d_1 \\ z_1 = -\tan(\text{incp}) y_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = r_x t_2 \\ y_2 = r_y t_2 + Yp \\ z_2 = r_z t_2 + s_2 \\ z_2 = -\tan(\text{incp}) y_2 \end{cases}$$

où

$$Y_c = f \cosh\left(\frac{s_1 - x_v}{f}\right) + y_v - f$$

est l'équation de la chaînette sur le plan vertical, d_1 c'est la longueur des soutiens horizontaux, f est le facteur d'escalier calculé itérativement de manière que la chaînette passe pour les liens imposés, x_v et y_v ce sont les coordonnées du sommet de la parabole dans le plan vertical.

Pour la parabole l'équation est:

$$Y_p = -a s_2^2 + b s_2$$

Les coefficients a et b de la parabole sont calculés en supposant que le jet sorte orthogonalement du mur et en mesurant, le long de la ligne de maximum pente, la distance L du trou de sortie du jet du niveau de l'eau et aussi la distance du mur, g , du point où le jet tombe dans l'eau. En cette façon, en connaissant l'inclinaison du mur on peut obtenir la portée G et d'où le coefficient a :

$$G = L \sin(\text{incp}) + g$$

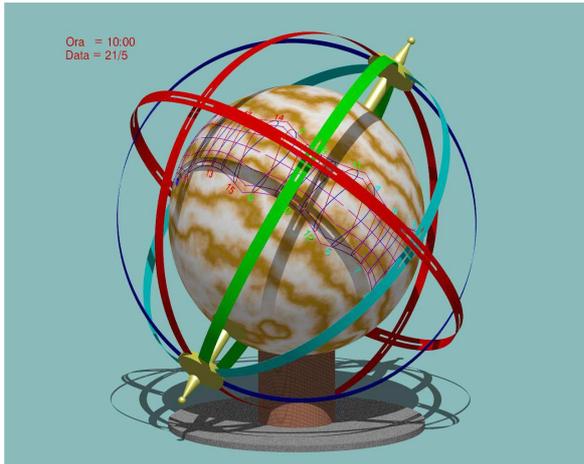
$$b = \tan(\text{incp})$$

$$a = \frac{bG + L \cos(\text{incp})}{G^2}$$

Le système formé par les équations des ombres des fils sur le plan incliné et déclinant a été résolu numériquement avec la méthode de Newton-Raphson.

Cadran bifilaire sphérique et mono filaire sphérique

Pour finir cette revue, qui a comme but le mettre en évidence comment tous les types de cadrans considérés ont toujours été calculés avec la même procédure et montrés en fonctionnement par la simulation 3D, on illustre maintenant un bifilaire sur une surface sphérique. Un article sur ce particulier type de cadran est dans l'attente de publication sur le magazine "Gnomonica Italiana", où il sera décrit plus en détail. Le cadran est un bifilaire multiple avec un fil en commun constitué d'un fil équatorial et de quatre fils méridiens disposés à 45° entre eux. Dans le dessin montré ici, plutôt que des fils on a utilisé des fentes fotosciateriques pour lequel l'heure est indiquée non par



un croisement d'ombres mais par le "spot" lumineux qui se forme en croisant les fentes.

Le champ de fonctionnement de chaque fil méridien se superpose partiellement à celui du fil méridien suivant, pour lequel l'heure sera indiquée par un ou, simultanément, par deux fils méridiens.

Le système d'équations de départ est le suivant:

$$\begin{cases} x_v = r_x t_v \\ y_v = r_y t_v + s_v \\ z_v = r_z t_v + \sqrt{R_v^2 - s_v^2} \\ x_v^2 + y_v^2 + z_v^2 - R^2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_h = r_x t_h + s_h \\ y_h = r_y t_h \\ z_h = r_z t_h + \sqrt{R_h^2 - s_h^2} \\ x_h^2 + y_h^2 + z_h^2 - R^2 = 0 \end{cases}$$

où R est le rayon de la sphère, R_v le rayon des fils méridiens et R_h le rayon du fil équatorial, (plus grand que R_v). Dans ce cas aussi les solutions du système formé par les équations des ombres des fils circulaires sur la sphère ont numériquement été trouvées avec la méthode Newton-Raphson.

De cette horloge on a calculé et aussi vérifiée une version "mono filaire" où le fil équatorial a disparu et on a dessiné les parallèles comme lignes des dates.

Le premier parallèle en haut représente la date du premier janvier, le dernier en bas la date du 31 décembre.

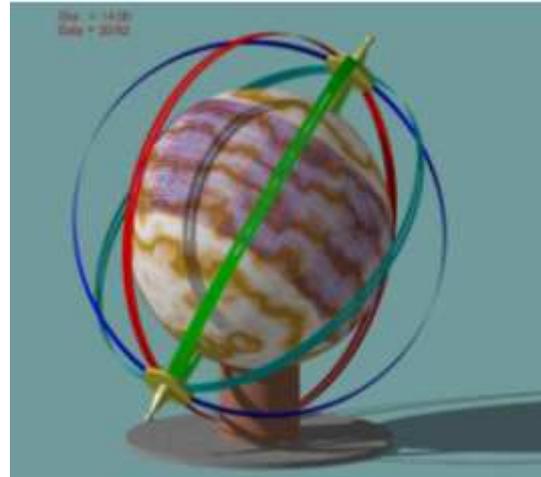
Le calcul du mono filaire est plus simple: il suffit d'obtenir l'équation de l'ombre d'un fil méridien sur la sphère et de résoudre le système obtenu après adjonction de l'équation d'un parallèle.

$$\begin{cases} x_v = r_x t_v \\ y_v = r_y t_v + s_v \\ z_v = r_z t_v + \sqrt{R_v^2 - s_v^2} \\ x_v^2 + y_v^2 - R^2 = 0 \end{cases}$$

Après avoir obtenu t d'où les équations $x_v(s)$ et $y_v(s)$, pour trouver la valeur qui détermine s quand l'ombre du fil croise le parallèle de la date k -ème il suffit de résoudre l'équation $y_k = y(s)$.

de s finalement on déduit les coordonnées du croisement de l'ombre du fil avec le parallèle de la date k -ème.

La version mono filaire permet d'agrandir le pas des lignes horaires du temps moyen en permettant une lecture plus précise aux heures intermédiaires.



Conclusions

Le calcul vectoriel, spécialement appliqué aux cadran mono filaires et bifilaires, nous a permis d'expérimenter, (c'est-à-dire projeter, calculer, dessiner et vérifier), de nombreux modèles de cadrans, (soit de notre propre création soit de la création d'autres gnomonistes célèbres). La simulation 3D nous a permis d'être certains de la correction des projets. La combinaison calcul vectoriel et simulation 3D constituent un système flexible et puissant de conception gnomonique

Remerciements

Nous tenons à remercier le prof. Bernard Rouxel qui a bien voulu relire la traduction française de cet article et permis sa parution. Les auteurs remercient aussi l'architecte Duccio Aiazzi de Florence et l'ingénieur gnomoniste français Gérard Baillet pour leurs conseils précieux sur l'usage, respectivement, de 3DStudio et de POV-Ray et mademoiselle Tecla Lasi pour la traduction de l'italien au français.

Bibliographie

- [1] MAC OGLESBY, *A Foster Lambert Vertical Decliner*, Compendium NASS 2003 12
- [2] TONINO TASSELLI, *Orologi circolari a proiezione equatoriale inclinati e declinanti*, Gnomonica Italiana, Anno II, n.7 novembre 2004 – pag. 59
- [3] ALESSANDRO GUNELLA, *Considerazioni geometriche sull'orologio di Foster-Lambert*, Gnomonica Italiana, Anno III, n.9 novembre 2005 – pag. 34
- [4] DAVID BROWN, *New Oxford Dial Opened*, The British Sundial Society Bulletin Volume 18(iii) September 2006 – pag.127
- [5] MARIO CATAMO - CESARE LUCARINI, *Orologi solari a diffrazione*, Atti X Seminario Nazionale di Gnomonica, S.Benedetto del Tronto (AP), 2000 – pag. 59
- [6] B. ROUXEL, *Cadrans bifilaire: Étude géométrique*, Cadran-Info, revue interne de la commission des cadrans solaires de la SAF n. 9 Mai 2004
- [7] TONINO TASSELLI, *Applicazioni del calcolo vettoriale alla gnomonica*, Atti XIII Seminario Nazionale di Gnomonica, Lignano Sabbiadoro (UD), 2005

<http://www.ilpaesedellemeridiane.com/seminario/atti/x.htm>



Restauration de 3 cadrans

Par Lucio Maria Morra

Rapport sur l'intervention de restauration des trois cadrans solaires de Casa Gava à Bastia Mondovì.

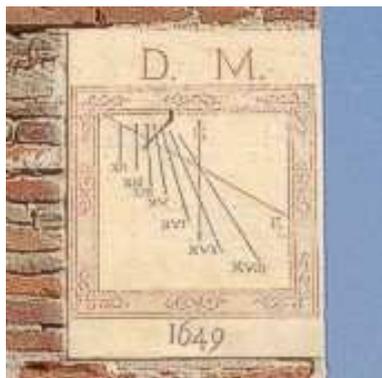
LE COMPLEXE:

Les trois cadrans solaires peints sur le mur de Casa Gava, dans la localité de Gava à Bastia Mondovì, fait à fresque, constituent deux installations différentes: le cadran 1 est une oeuvre individuelle, alors que les cadrans 2 et 3 sont jumeaux et opposés, ou bien réalisés ensemble et placés sur deux perspectives opposées de l'édifice.

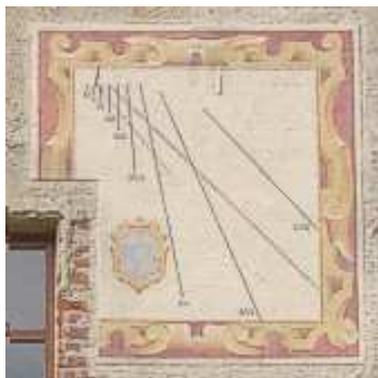
Le cadran 1 est installé sur une saillie orientée au Sud-Est de la perspective orientale de l'édifice. Il mesure 68 x 96 cm (largeur x hauteur), 315 cm du sol à la base.

Le cadran 2 est installé sur la façade orientale de l'édifice. Il mesure 168 x 173 cm (largeur x hauteur), 500 cm de la terre à la base.

Le cadran 3 est installé sur la façade occidentale de l'édifice et mesure: 164 x 187 cm (base x hauteur), 430 cm de la terre à la base.



cadran 1



cadran 2



cadran 3

DATATION-TYPOLOGIE-ÉVALUATION GÉNÉRALE:

Le cadran 1 est daté de 1649 et son genre est en fait du XVII^e siècle. Avant l'arrivée du baroque, la structure décorative des cadrans était généralement très sobre ou absente. De plus, ils étaient monochromes et entourés seulement par un filet. Les cas les plus élaborés, comme celui-ci, étaient peints avec deux couleurs (normalement noir et rouge) et dans une corniche décorée avec de simples modules ornementaux.

Les cadrans 2 e 3 sont datables de la fin de XVII^e siècle et leur genre du premier baroque est bien représenté par les corniches, une évolution des affiches Renaissance enrichies de cornets et de tunnels, même s'ils sont encore très essentiels et symétriques.

Les cadrans du XVII^e siècle sont, en général inspirés des grands traités gnomoniques du XVI^e siècle (de Sebastianus Munster, Oronzio Fineo, Giovanni Battista Vimercato, Cristoforo Clavio, etc.): ils ont une forme plutôt carrée, munis d'un style orthogonal, ils indiquent les heures italiques avec le calendrier saisonnier (droite équinoxiale et hyperboles solsticiales déterminées par les extrémités des lignes horaires).

L'unique élément atypique, dans ce cas est l'utilisation des chiffres romains au lieu des arabes pour la numération des heures italiques, qui, en fait, sont diffusées surtout au XVIII^e siècle.

Un élément important pour l'évaluation des cadrans est constitué par la présence des armoiries sur les cadrans 2 et 3 et des initiales D.M. sur le cadran 1. Sur le volume « *Collezione di Arme gentilizie, nobili e civili delle principali famiglie di Mondovì fatta d'ordine, diligenza e spesa dell'Ill.mo Signor Marchese e Commendatore D. Annibale Fauzone di Mondovì cittadino e sindaco l'anno 1827* », conservé aux Archives Historiques de la Commune de Mondovì et publié par la ville de Mondovì en 2000 aux bons soins de Giancarlo Comino, on rencontre l'armoirie ici reproduite avec la spécification: «*MINO. Consigne du 18 mars 1616 : Domenico docteur en médecine, et Giovannino Mino, père et fils. Un écusson d'azur aux cinq étoiles d'or, deux dans le ciel, deux dans la pointe, placé en carré et une dans la moitié supérieure d'elles, et sur l'écusson un casque avec un cimier d'un Minotaure, qui dans sa main droite tient cinq étoiles, et dans la gauche un livre rouge fermé, et un mot au-dessus qui dit AVEC CINQ OU UN*». L'écusson serait actuellement blasonnée «*bleu aux cinq étoiles disposées 2 1 2*». Dans l'introduction du même volume, il est de plus précisé que «*Domenico Mino, distingué pendant la peste de 1630, fut nommé en 1632 médecin personnel de Vittorio Amedeo I (prince de la Maison de Savoie)*». Les initiales D.M. correspondraient donc également à Domenico Mino, qui devint évidemment, au temps de sa fortune, propriétaire de l'édifice et commanditaire des cadrans. Rappelons que les cadrans solaires représentaient à l'époque un vrai et propre symbole de statut. L'édifice fut cependant, dans les siècles précédents, siège d'un couvent, tandis que, qu'au XIX^e siècle, de maison patronale, il fut réduit à une laiterie avec le nom de «Cascina Grossa». Une note importante concerne enfin le style des cadrans 2 et 3 : dans la Province de Cuneo le baroque est diffusé tardivement au début du XVIII^e siècle et les exemples de baroque du XVII^e siècle sont assez rares; pour cela, il est clair que, dans ce cas, l'acheteur était en contact direct avec les artistes extérieurs aux Cunéens, déjà alignés sur les nouvelles tendances, ce qui est confirmé par le fait que Domenico Mino, en tant que médecin personnel du prince de Turin, fréquentait la cour et jouissait de tels contacts.



LES INSTRUMENTS

D'un point de vue instrumental, il s'agit de trois *cadrans solaires plans verticaux*, installés à la latitude de : 44° 26' 43" Nord de l'Equateur et à la longitude de : 7° 55' 10" Est de Greenwich; le cadran 1 est *déclinant oriental* (orienté au Sud-Est) de -37,5°; le cadran 2 est *déclinant oriental* (orienté au Nord-Est) de -107°; le cadran 3 est *déclinant occidental* (orienté au Sud-Ouest) de +72°. Les fonctions des trois cadrans sont celles des *horloges à heures italiques, calendriers saisonniers et méridienne* (seulement le cadran 1).

LES GNOMONS

Les trois cadrans utilisés comme *générateurs d'ombre* trois *styles orthogonales*, c'est-à-dire trois petits baguettes disposés perpendiculairement à la paroi (légèrement inclinés vers le bas pour éviter des coulées d'oxydation sur la paroi). L'extrémité des *styles* constitue l'*indice gnomonique*. La lecture se réfère exclusivement à la position de l'extrémité de l'ombre par rapport aux démarcations et non à sa direction.

LES DÉMARCATIIONS

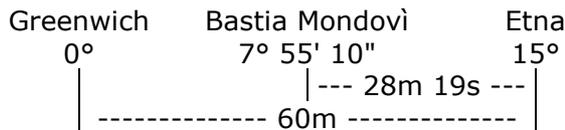
L'horloge à *heures italiques* (soi-disant puisqu'elles sont surtout utilisées dans presque tous les anciens États italiens jusqu'à la fin du XVIII^e siècle) est constituée du faisceau de *lignes horaires*, contresignées par la numération horaire en chiffres arabes (de XII à XVIII sur le cadran 1, de IX à XVII sur le cadran 2, de XIX à XXIII sur le cadran 3).

Il s'agit d'un *système horaire* conceptuellement divers de celui actuel: le système des *heures italiques* divisait le jour en 24 heures, mais non à partir de minuit, si bien qu'à partir

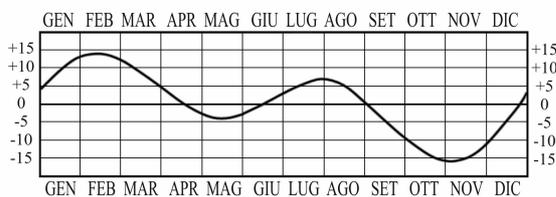
du coucher du Soleil (“ab occasu”), il indique pourtant combien d’heures de lumière manquent au coucher du Soleil, correspondant à l’heure 24. Si, par exemple, l’extrémité de l’ombre touche la ligne de l’heure 18, cela signifiait que, indépendamment de la saison, sont parcourues 18 heures du coucher du Soleil d’hier et restent 6 heures jusqu’au prochain coucher du Soleil, à la fin de la journée. Rappelons qu’un tel système était communément utilisé pour organiser toutes les activités humaines à une époque privée d’illuminations artificielles, donnant une information d’intérêt primaire.

Le *calendrier des saisons* est constitué par la *droite équinoxiale* (transversale) et par deux *hyperboles solsticiales* (déterminées par le développement des extrêmes des lignes horaires en haut et en bas), projections respectivement de l’Équateur et des deux Tropiques Célestes. Les démarcations de ce type sont appelées *diurnes* puisqu’elles décrivent la marche de l’ombre durant un jour spécifique de l’année. La *ligne équinoxiale* est parcourue de l’extrémité de l’ombre le 21 mars et le 23 septembre, tandis que les *hyperboles solsticiales* sont parcourues de l’extrémité de l’ombre le 21 juin (en bas) et le 21 décembre (en haut). Ces 3 lignes déterminent donc 4 faces saisonnières (2 en montée et 2 en descente), dans lesquelles peut venir se trouver l’extrémité de l’ombre dans son excursion diurne annuelle: les inférieures correspondent au printemps et à l’été, tandis que les supérieures à l’automne et à l’hiver.

La *méridienne* proprement dite (présente seulement sur le cadran 1) correspond à la flèche rouge verticale marquée par un M. Elle est la projection du *méridien principal céleste* et indique le *midi vrai local*, c’est-à-dire la culmination du Soleil au Sud de Bastia Mondovì (*midi* signifie littéralement que tant d’heures de lumière sont parcourues du lever du Soleil quand elles doivent encore passer jusqu’au coucher du Soleil). Le “midi” (improprement dit) de nos horloges communes de pouds, le 12:00:00 *heure moyenne du fuseau*, est en réalité rapporté conventionnellement à la longitude d’un lieu représentatif pour tout un territoire politique: l’Italie adhère au *fuseau de l’Europe Centrale* et fait référence à l’Observatoire de Görlitz, ou au Mont Etna, sur lequel passe le méridien 15° à l’Est de Greenwich. Cela signifie donc qu’à 12:00:00 *heure du fuseau* le Soleil culmine sur l’Etna, mais pour arriver réellement à Bastia Mondovì, il faut encore environ une demi heure. Les *heures 12 vraies locales* de Bastia Mondovì correspondent à 12:28:19 *heures vraies du fuseau*.



Un autre aspect qui va être spécifié concerne le *temps vrai* et le *temps moyen*:



Equation du Temps

toutes les horloges solaires de *temps vrai*, définies par le mouvement de rotation de la Terre par rapport au Soleil (qui n’est pas constant), subissent des écarts réguliers par rapport aux communes horloges mécaniques ou électroniques de *temps moyen* (conventionnellement constant), accumulant avances ou retards cycliques jusqu’à un quart d’heure environ, en

novembre et en février. De tels accroissements ou décroissements sont reportés dans le graphique suivant de l’*équation du temps*.

Si on désire reporter le midi vrai de la méridienne à l’heure de nos horloges communes actuelles, il est nécessaire donc d’ajouter 28m et 19s de correction du fuseau, plus la valeur de

l'équation du temps pour un jour spécifique, plus éventuellement une heure quand est en vigueur l'horaire légal d'été.

NOTE SUR L'ÉTAT DE CONSERVATION DES RÉPERTOIRES ET SUR L'INTERVENTION DE RESTAURATION

Avant de récupérer les cadrans 1 e 2, ils se présentaient dans un état de dégradation avancée naturelle par l'érosion des agents atmosphériques, se relevant une fissure diffuse du support et quelques lacunes. Le gnomon du cadran 1 était extirpé et celui du cadran 2 tronqué à la base. De plus l'ouverture ou la modification d'une fenêtre proche du cadran 2, effectuée probablement au XIX^e siècle, en avait causé la démolition du coin inférieure gauche. Cependant, malgré la dégradation, tous les principaux éléments de la structure gnomonique et décorative devenaient reconnaissables parce que incisés à fresque dans le enduit d'origine et pour la subsistance de traces diffuses de la teinte originale, demandant une restauration ponctuelle des installations. On a donc procédé aux opérations suivantes: nettoyage des pièces, nouvel encadrement, consolidation et réintégration des lacunes des supports, réinstallation des gnomons, nouvelle définition des démarcations et de l'appareil décoratif, nouvelle peinture aux silicates.

Le cadran 3 avait au contraire déjà subi, en 2001, une maladroite et irréversible intervention de nouvelle peinture avec la contrefaçon de ses composantes originales aussi bien techniques que stylistiques. Pour sa récupération, une oeuvre de reconstruction a donc été nécessaire, basée sur la documentation des photos précédentes et sur la comparaison avec le cadran jumeau. L'intervention a compris la substitution du gnomon – qui était un remplacement, probablement de 1800, de l'original - irrémédiablement dégradé pour distorsion.

CORRESPONDENCE HEURES ITALIQUES - HEURES MOYENNE DU FUSEAU

Bastia Mondovì latitude **44.26.43** longitude **07.55.10**

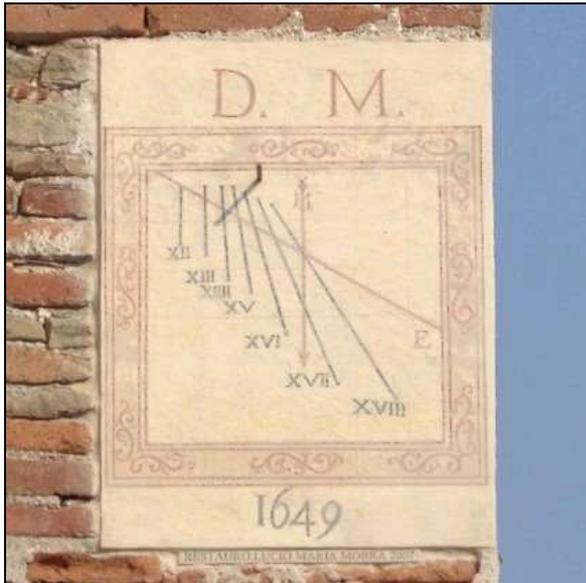
data	durata del giorno	mezzogiorno vero	XXIV italiche
05-01	08:47:02	12:33:33	16:57:04
10-01	08:53:32	12:35:42	17:02:28
15-01	09:01:36	12:37:36	17:08:24
20-01	09:11:14	12:39:15	17:14:52
25-01	09:22:04	12:40:34	17:21:36
30-01	09:34:04	12:41:33	17:28:35
05-02	09:49:36	12:42:18	17:37:06
10-02	10:03:18	12:42:33	17:44:12
15-02	10:17:40	12:42:29	17:51:19
20-02	10:32:20	12:42:06	17:58:16
25-02	10:47:16	12:41:26	18:05:04
28-02	10:56:28	12:40:56	18:09:10
05-03	11:11:50	12:39:54	18:15:49
10-03	11:27:12	12:38:42	18:22:18
15-03	11:42:42	12:37:22	18:28:43
20-03	11:58:16	12:35:56	18:35:04
25-03	12:13:36	12:34:26	18:41:14
30-03	12:28:56	12:32:56	18:47:24
05-04	12:47:20	12:31:09	18:54:49
10-04	13:02:10	12:29:45	19:00:50
15-04	13:17:12	12:28:27	19:07:03
20-04	13:31:40	12:27:20	19:13:10
25-04	13:45:40	12:26:21	19:19:11
30-04	13:59:16	12:25:35	19:25:13
05-05	14:12:26	12:25:02	19:31:15
10-05	14:24:42	12:24:43	19:37:04
15-05	14:36:10	12:24:39	19:42:44

data	durata del giorno	mezzogiorno vero	XXIV italiche
05-07	15:14:46	12:32:48	20:10:11
10-07	15:09:14	12:33:36	20:08:13
15-07	15:02:08	12:34:14	20:05:18
20-07	14:53:52	12:34:38	20:01:34
25-07	14:44:08	12:34:50	19:56:54
30-07	14:33:42	12:34:45	19:51:36
05-08	14:19:34	12:34:21	19:44:08
10-08	14:07:08	12:33:44	19:37:18
15-08	13:54:06	12:32:52	19:29:55
20-08	13:40:28	12:31:47	19:22:01
25-08	13:26:16	12:30:30	19:13:38
30-08	13:11:54	12:29:03	19:05:00
05-09	12:54:14	12:27:09	18:54:16
10-09	12:39:22	12:25:26	18:45:07
15-09	12:24:12	12:23:40	18:35:46
20-09	12:09:00	12:21:53	18:26:23
25-09	11:53:58	12:20:08	18:17:07
30-09	11:38:38	12:18:27	18:07:46
05-10	11:23:22	12:16:52	17:58:33
10-10	11:08:08	12:15:26	17:49:30
15-10	10:53:06	12:14:12	17:40:45
20-10	10:38:08	12:13:12	17:32:16
25-10	10:23:34	12:12:27	17:24:14
30-10	10:09:10	12:12:00	17:16:35
05-11	09:52:42	12:11:54	17:08:15
10-11	09:39:38	12:12:12	17:02:01
15-11	09:27:30	12:12:51	16:56:36

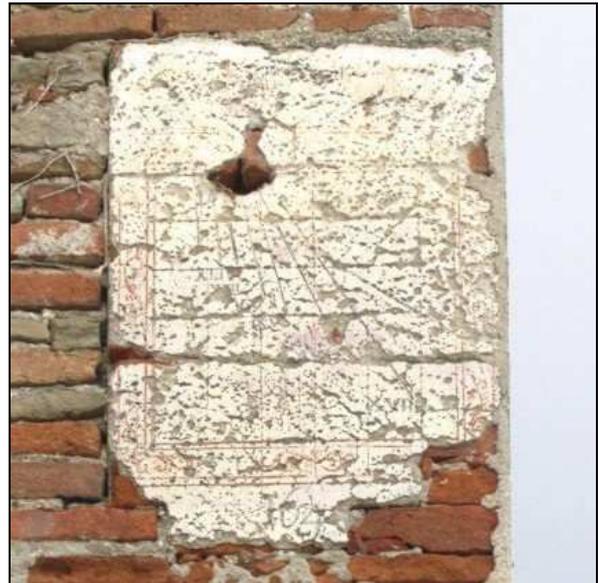
20-05	14:46:40	12:24:48	19:48:08
25-05	14:55:58	12:25:12	19:53:11
30-05	15:04:06	12:25:47	19:57:50
05-06	15:11:56	12:26:44	20:02:42
10-06	15:16:38	12:27:40	20:05:59
15-06	15:19:52	12:28:41	20:08:37
20-06	15:21:04	12:29:46	20:10:18
25-06	15:20:44	12:30:51	20:11:13
30-06	15:18:30	12:31:53	20:11:08

20-11	09:16:08	12:13:51	16:51:55
25-11	09:05:58	12:15:11	16:48:10
30-11	08:57:10	12:16:51	16:45:26
05-12	08:49:54	12:18:47	16:43:44
10-12	08:44:20	12:20:56	16:43:06
15-12	08:40:36	12:23:16	16:43:34
20-12	08:38:54	12:25:43	16:45:10
25-12	08:39:14	12:28:12	16:47:49
30-12	08:41:28	12:30:38	16:51:22

RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE



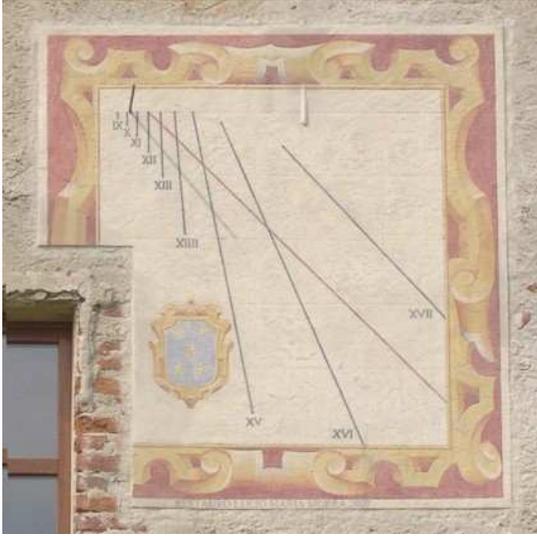
cadran 1, après la restauration (04-2007)



cadran 1, avant la restauration (03-2007)



cadran 1, contexte (04-2007)



cadran 2, après la restauration (04-2007)



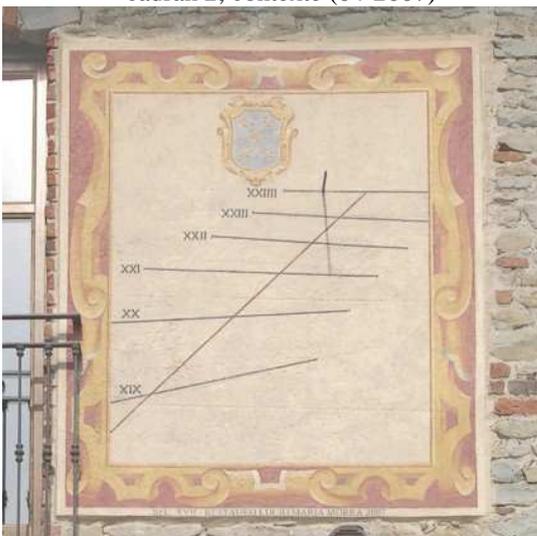
cadran 2, avant la restauration (03-2007)



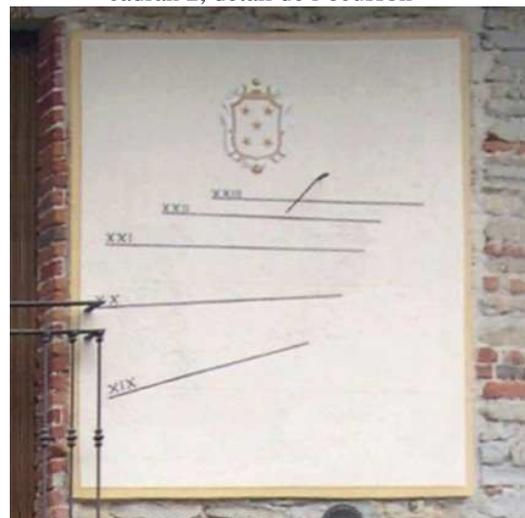
cadran 2, contexte (04-2007)



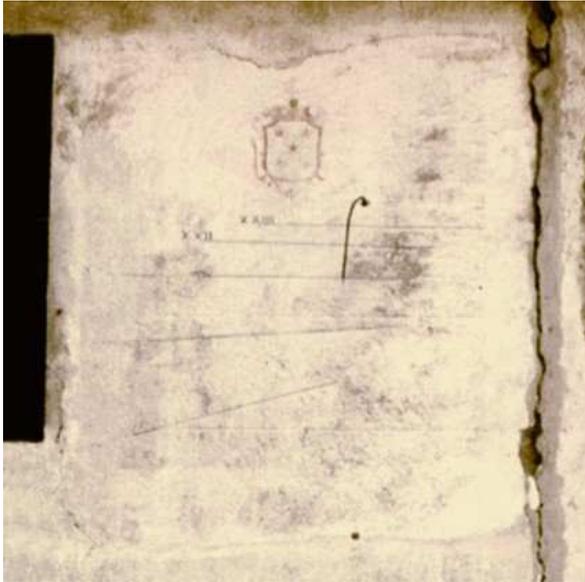
cadran 2, détail de l'écusson



cadran 3, après la reconstruction (04-2007)



cadran 3, avant la reconstruction (03-2007)



cadran 3, pièce original (10-1998)

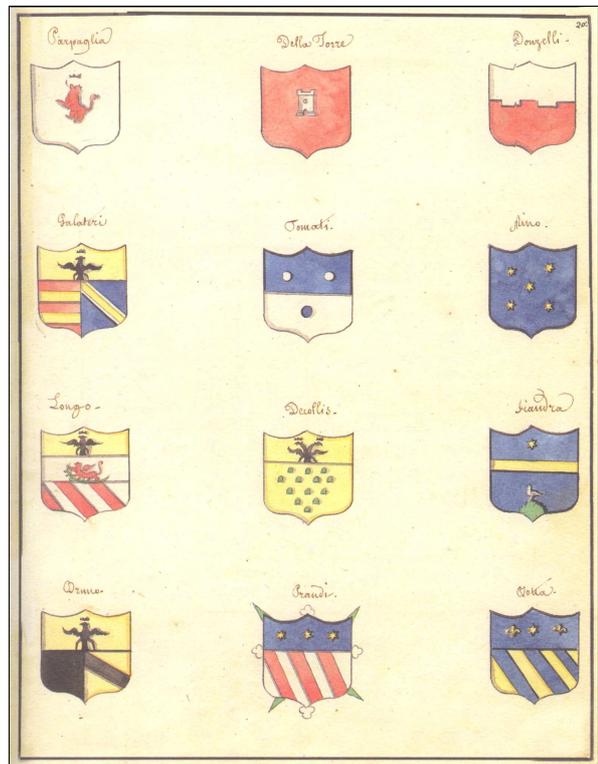


cadran 3, contexte (04-2007)

DOCUMENTATION



Frontispice du volume « *Collezione di Arme gentilizie, nobili e civili delle principali famiglie di Mondovì fatta d'ordine, diligenza e spesa dell'Ill.mo Signor Marchese e Commendatore D. Annibale Fauzone di Montaldo cittadino e sindaco l'anno 1827* », conservé aux Archives Historiques de la Commune de Mondovì et publié par la ville de Mondovì en 2000 aux bons soins de Giancarlo Comino.



Extrait du volume « *Collezione di Arme gentilizie, nobili e civili delle principali famiglie di Mondovì fatta d'ordine, diligenza e spesa dell'Ill.mo Signor Marchese e Commendatore D. Annibale Fauzone di Montaldo cittadino e sindaco l'anno 1827* », conservé aux Archives Historiques de la Commune de Mondovì et publié par la ville de Mondovì en 2000 aux bons soins de Giancarlo Comino.

un fanciullo ignudo con gli occhi bendati, alato con faretra al collo e l'arco teso col motto sopra "*Coecus non iudicat de colore*". (c. 63v.)

MERLO

Consegnamento 22 aprile 1614: Giovanni Luigi Merlo professore di Leggi.

Uno scudo bipartito in fascia, la parte inferiore di *gueules*, o sii rosso, e la superiore nera con una banda d'argento sopra il tutto, carica di tre merli neri col rostro e gambe rossi et sopra lo scudo un elmo chiuso in proffilo ornato di festoni pendenti e volanti, e di un tortiglio in capo de' colori dell'arma, col cimiero di un arbore di palma verde, e motto sopra che dice "*Inclinata resurgit*".

MINO

Consegnamento 18 marzo 1616: Domenico dottore in Medicina, e Giovannino Mino padre e figlio

Uno scudo d'azzurro a cinque stelle d'oro, due nel cielo, due nella punta, poste in quadrato, et una nel mezzo maggiore di esse, et sopra lo scudo un elmo chiuso col cimiero d'un Minotauro, qual nella destra tiene cinque saette, et nella sinistra un libro rosso chiuso, et motto sopra che dice "*Avec cinq ou un*".

MOLLEA

D'azzurro, con un capriolo d'argento accompagnato di tre spighe di formento d'oro, col motto "*Fide nihil praestantius*". (c. 66v.)

MONDOVI'

Una croce d'argento con un monte nella punta dello scudo, in campo rosso. (c. 67r.)

MORA

Di sei bande, tre di azzurro e tre rosse profilate d'argento, sotto un capo d'argento caricato di una testa di mora. Per cimiere una donna mora vestita di azzurro con le braccia nude dal mezzo in giù, tenente la mano destra sopra l'elmo e la mano sinistra sul fianco, col motto "*Constans et fidelis*". (c. 68v.)

◀ Extrait du volume "*Collezione di Arme gentilizie, nobili e civili delle principali famiglie di Mondovì fatta d'ordine, diligenza e spesa dell'Ill.mo Signor Marchese e Commendatore D. Annibale Fauzone di Montaldo cittadino e sindaco l'anno 1827*", conservé aux Archives Historiques de la Commune de Mondovì et publié par la ville de Mondovì en 2000 aux bons soins de Giancarlo Comino.

30



LUCIO MARIA MORRA

costruttore e restauratore di meridiane

Via Trinità, 28 - 12040 SANT'ALBANO STURA (Cuneo) - Italia

partita iva 03068340045 - codice fiscale MRR LMR 52C13 D742Q

www.luciomariamorra.com - info@luciomariamorra.com - (0039) 335-56.00.615



Cadran horizontal à plans horaires

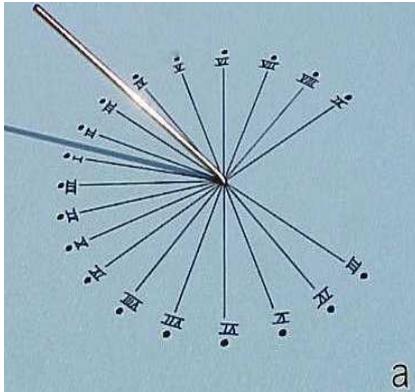
Frans W. Maes/ traduction de E. Daled

Traduction française par E. Daled (Zonnewijzerkring Vlaanderen) de l'article de Frans Maes "Het Prieel" (qui signifie "La Gloriette") présentant un cadran solaire horizontal à plans horaires, avec indication centrale de l'heure

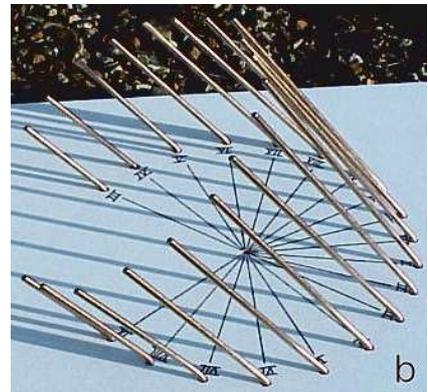
Les cadrans solaires à style polaire indiquent le plan horaire dans lequel se trouve le soleil. Le type de cadran ne joue aucun rôle : horizontal, vertical, équatorial, polaire, etc.... Lorsque l'ombre du style polaire tombe sur une ligne horaire, le soleil se trouve dans le plan horaire correspondant. Tous les plans horaires se rejoignent donc dans le style polaire. C'est une caractéristique importante : les cadrans solaires à style polaire sont en effet des variantes bien spécifiques des cadrans à plans horaires. En disposant les plans horaires d'une façon différente – tout en conservant leur orientation, bien entendu – beaucoup de modèles de cadrans solaires sont imaginables. J'en ai cité quelques exemples sur mon site Internet concernant les cadrans solaires à plans horaires au Parc des Cadrans solaires à Genk (Belgique) [1].

Cadran solaire

Prenons un cadran solaire horizontal à style polaire, avec une tige métallique en guise de style et l'éventail habituel de lignes horaires (fig. 1a). Ajoutons maintenant un style polaire



identique au bout de chaque ligne horaire, à la même distance du point de fixation du style polaire initial. Il se forme ainsi une couronne de styles polaires parallèles qui donnent lieu à une série d'ombres parallèles. Numérotons ensuite chaque style polaire avec le chiffre horaire correspondant.



Ecartons ensuite le style polaire initial. Son point de fixation devient le point de lecture de l'heure : lorsque l'ombre d'un style polaire tombe sur ce point, le soleil se trouve dans le plan horaire correspondant (fig. 1b).



La fig. 2 (ci-contre) montre le modèle achevé. A la partie supérieure des styles, j'ai ajouté une plaque ellipsoïdale qui forme un angle droit avec tous les styles. Il y a pour cela deux raisons. La première est de nature constructive : elle sert à fixer les styles de façon à ce qu'ils conservent exactement leur orientation. La seconde est de nature esthétique : une série de barres qui pointent vers le ciel ne me semblait pas très jolie ; la plaque sert de finition. En ajoutant à cette plaque un support au sol, la charge sur les barres est compensée et l'ensemble en est

stabilisé. Comme on peut le voir, il se forme ainsi une petite construction qui, en appliquant des dimensions appropriées, pourrait servir de gloriette, d'abribus etc.

Que les points de fixation des styles forment un cercle est un choix libre. Chaque autre ensemble de lignes qui coupent le prolongement des lignes horaires peut être utilisé : un carré, un rectangle, une ellipse, un écu armorial etc.

Au lieu de l'être au sol, les chiffres horaires et le point de lecture central pourraient également être indiqués sur la plaque supérieure qui sert de toit, comme je le suggère dans la fig. 2. Cela pourrait avoir quelques avantages de nature pratique, étant donné que les indications au sol peuvent être recouvertes par des feuilles ou de la neige p. ex. Mais, si le soleil doit encore illuminer la partie inférieure de ce toit pendant le jour le plus long de l'année, ce toit devrait avoir une inclinaison qui soit au moins 25° plus raide, ce qui n'est pas très souhaitable dans le cas d'une gloriette (ou d'un abribus).

Indicateur solaire

Une rangée de styles polaires brillants a une particularité intéressante. Quand on se trouve tout près, à l'intérieur ou à l'extérieur du cercle de styles, on peut voir sur certains styles des points luisants provoqués par la réflexion des rayons solaires. Ces points luisants reflètent le mouvement diurne apparent du soleil au firmament (fig. 3). Lorsque l'on bouge,

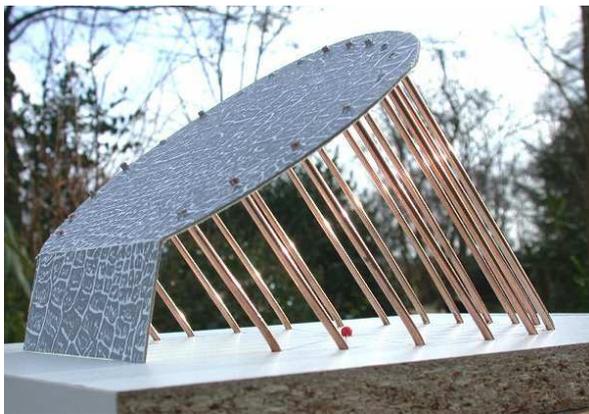


Figure 3

ces points luisants bougent également. C'est totalement logique : le soleil suit le mouvement de l'observateur par rapport à des points fixes. Les points luisants n'indiquent pas seulement une partie du mouvement du soleil au dessus de l'horizon, mais également en dessous de celui-ci. Ce que l'on peut en voir dépend de l'endroit où l'on se trouve ainsi que de la déclinaison du soleil.

Qu'une rangée de styles ait cette particularité peut être expliqué de la façon suivante. Supposons que l'axe de rotation terrestre, et donc les styles, se trouvent en position

verticale. Le plan équatorial est alors un plan horizontal et la hauteur du soleil au dessus ou en dessous de ce plan est (quasiment) invariable pendant toute la journée.

Cette hauteur est la déclinaison du soleil. Le point luisant sur un style polaire se trouve donc à la même hauteur pendant toute la journée. On peut en effet imaginer que la surface polie du style se compose d'une multitude de petits miroirs verticaux.

Lorsque l'horizon est plus ou moins visible, on peut voir où la trajectoire du soleil coupe l'horizon. Ce sont les points où le soleil se lève et où il se couche. Il est ainsi donc possible de faire une estimation de l'heure du lever ou du coucher du soleil. En cherchant une position qui permet de voir ce point à l'horizon exactement au dessus du point de lecture, on peut voir cet instant sur le style dont le point de fixation se trouve sur cette ligne. Si le soleil éclairait le cadran à ce moment là, l'ombre du point de fixation tomberait en effet exactement sur le point de lecture. Le cas échéant, on peut aussi interpoler entre deux points de fixation.

Origine de ce projet

L'idée de ce projet m'est venue en lisant l'article « Glimlichten » du physicien/artiste Theo Jansen paru dans le journal néerlandais « De Volkskrant ». Il y expliquait l'idée de base d'un pareil indicateur solaire à l'aide du dessin repris en fig. 4. Ce qu'il expliquait était donc sa propre invention. Jansen écrivit cet article en 1990, mais moi je ne l'ai lu que 10 ans plus

tard dans un recueil [2]. « Un pareil ensemble de styles polaires, cela ressemble quand même singulièrement à un cadran solaire » me dis-je. C'est ainsi que j'en déduisis ce cadran solaire à plans horaires. L'article en question a également été repris dans le Bulletin 1990-3 du « Zonnewijzerkring » aux Pays-Bas sous le titre « Knipselkrant » (= Coupures de presse).



Figure 4



Figure 5

Quoique l'on s'intéressait déjà assez bien aux cadrans à plans horaires à ce moment (voir [1] pour un petit aperçu historique), cela n'a inspiré aucun gnomoniste. Theo Jansen s'est créé une certaine renommée par ses « Strandbeesten », des constructions ingénieuses de tubes en PVC pour canalisations électriques et d'attaches câbles qui sont mises en mouvement par le vent. Fig. 5 en montre un exemple remarquable. On peut voir d'autres photos et quelques montages vidéo sur son site Internet [3].

Réalisation

L'université de Groningen (Pays-Bas) développe sur le terrain Zernike au nord de la ville un nouveau campus scientifique (« Landgoed voor de wetenschap »). Le prospectus publicitaire parle en termes élogieux d'un campus ombragé, d'une architecture particulière de haute qualité, d'un domaine entouré de pièces d'eau et de canaux, d'un site à l'échelle humaine et différenciée ...

Quoi qu'il en soit, la Faculté de Mathématique et des Sciences naturelles y réalise pour l'instant un projet de construction assez important. J'y ai introduit mon projet sous le nom de « Prieel op het landgoed voor de wetenschap » (= gloriette pour le campus scientifique), à réaliser dans un espace ouvert entre les différents bâtiments. Etant donné que cette gloriette doit être en proportion harmonieuse avec les bâtiments environnants, la hauteur prévue est d'environ 6 m.



Figure 6

Pour la présentation officielle, j'ai réalisé une nouvelle maquette, à l'échelle 1 : 50. Les tiges de soudage utilisées à l'époque pour le premier modèle montré en fig. 1-3 ayant perdu leur éclat, les nouveaux styles ont été réalisés avec les baguettes d'un gril de barbecue. Ces baguettes étant moins brillantes que les tiges de soudage, les points luisants sont un peu moins nets.

La nouvelle maquette peut être vue en fig. 6, dans un montage photographique avec celle du bâtiment prévu pour le Centre des Sciences de la Vie.

Quelques figurines humaines de la firme Preiser (échelle 1 : 50) ont été ajoutées pour donner une meilleure idée des dimensions de la construction. Les petites bicyclettes ont été réalisées par Edzo Paap [5].

Le bâtiment des Sciences de la Vie devrait être achevé en 2009. La décision pour ce qui concerne l'aménagement des terrains environnants pourrait donc encore prendre quelque temps.

Projets similaires

Ce projet est-il unique ? De nouvelles idées surgissent souvent indépendamment au même moment à des endroits différents. A Muro de Alcoy (Espagne, à 75 km au sud de



Figure 7

Valencia), un cadran solaire à plusieurs styles polaires a été créé par Joan Olivares (gnomoniste) et Rafael Amorós (artiste). Les styles de longueur égale sont reliés par trois anneaux. Les ombres des anneaux tombent sur le point de lecture à l'équinoxe et aux solstices (fig. 7). Antonio Cañones a réalisé un site Internet à ce sujet [6].

On remarquera l'inclinaison moins importante des styles. La différence de latitude avec Groningue comporte en effet $14,5^\circ$. J'ai déjà dit que je n'aimais pas trop les styles implantés comme des perches. Par contre les anneaux indiquant des dates sont un ajout créatif. Le treillis de lignes d'ombres n'est pourtant pas très propice à la lecture et les anneaux invitent probablement les enfants à une joyeuse escalade. Mais peut-être était-ce là un des objectifs dans ce quartier neuf.

Je remercie particulièrement Marten Hugenholtz pour la fabrication du premier modèle, Edzo Paap pour les bicyclettes miniatures, Theo Jansen et Antonio Cañones pour l'autorisation d'utiliser leurs illustrations.

Illustrations

- **Figure 1a** : Cadran solaire horizontal à style polaire.

- **Figure 1b** : Au bout du prolongement de chaque ligne horaire un style polaire a été ajouté et le style polaire initial a été écarté. Le point de fixation de ce style est maintenant le point de lecture de l'heure. Il se trouve maintenant un peu avant l'ombre du style de 2 h, il est donc env. 13.45 h. Les styles sont des tiges de soudage de 3 mm de diamètre. Le diamètre du cercle formé par les styles est de 16 cm.

- **Figure 2** : Le modèle de la fig. 1 est achevé d'une plaque ellipsoïdale en guise de toit. Le point de lecture de l'heure a été marqué à l'aide d'une épingle à grosse tête colorée. Ici, il est env. 11.40 h (heure solaire). Nous sommes en automne ou en hiver puisque le soleil illumine la partie inférieure du toit qui se trouve dans le plan équatorial.

- **Figure 3** : Les points luisants sur les styles reflètent la trajectoire diurne du soleil au firmament. Le point à l'extrême gauche indique la position du soleil un peu avant son lever. Le support du toit s'est légèrement affaissé.

- **Figure 4** : Dessin avec lequel Theo Jansen expliquait le principe de son indicateur solaire. Il lui donna le nom de « Monument solaire » qui dans 3.500 ans étonnerait les archéologues futurs comme Stonehenge le fait maintenant. La qualité du dessin a souffert du nombre de copies. Ce dessin ne fait d'ailleurs pas partie du recueil cité [2].

- **Figure 5** : L' « Animaris ventosa » de Theo Jansen se promenant sur la plage (voir [3]).

- **Figure 6** : Montage photographique du cadran gloriète devant le futur bâtiment des Sciences de la Vie à Groningen (Pays-Bas). Ce bâtiment aura deux supports inclinés avec un pont entre eux. On pourrait y reconnaître une petite plaquette d'une molécule d'ADN. Que les ombres ne soient pas partout orientées de la même façon ne dérange heureusement que peu de gens.

- **Figure 7** : Le cadran solaire à styles multiples de Joan Olivares et Rafael Amorós à Muro de Alcoy (Espagne) a été visité en mars 2005 à l'occasion d'une excursion de gnomonistes espagnols. Insertion : Photo prise à un autre moment. Le point de lecture de l'heure se trouve ici entre les ombres des styles de 3 et de 4 h : il est env. 3.20 h. On y voit aussi une partie de l'ombre de l'anneau d'hiver: nous sommes donc vers le 21 décembre. Photos : Antonio Cañones.

Références :

- [1] Site Internet de F.W. Maes: www.fransmaes.nl/genk
- [2] T. Jansen, Zogenaamd ik en andere reflecties, Bzztôh, Den Haag, 1992, p. 62-63.
- [3] Site Internet de Theo Jansen: www.strandbeest.com
- [4] Site Internet: www.rug.nl/fwn/faculteit/nieuwbouw/gebouw
- [5] Site Internet de Edzo Paap: www.miniatuurfietsen.nl
- [6] Site Internet de Antonio Cañones, Cadran solaire du mois de janvier 2003: webs.ono.com/usr047/ANDANATRES/caene03.htm



Les cadrans de Liobard

Par T. Mazzoti

LIOBARD est un cadranier du Nord-Isère. Ce nom est un patronyme très répandu dans la région; mais que cache-t-il dans le cas présent? Liobard, est-elle une entreprise familiale?, une énigme!

Manifestement les origines sont paysannes. Le cadranier serait Jacques le père, né à Demptézieu, en 1747.



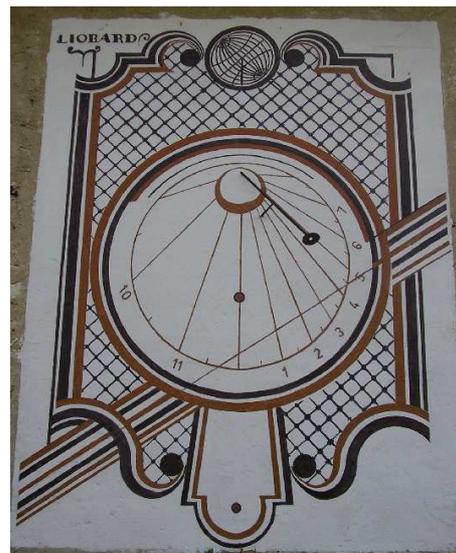
Cadran "Liobard" à Gouvoux Saint-Victor-de-Morestel (38), avant restauration.

Il savait parfaitement lire et écrire et son avis était apprécié dans la municipalité de sa commune. Jacques Liobard trace à la règle et au compas. Le premier cadran connu date de 1783. Au début, l'ornementation est maladroite. Ses cadrans semblent inspirés de ceux de Clausel, cadranier contemporain qui a beaucoup travaillé dans les Terres Froides et l'Isle Crémieu en Isère. De nombreux cadrans ornent encore les façades de certaines maisons du Bas-Dauphiné. On en dénombrerait 22.

Mme Raymond qui a mené des investigations ("Les Heures de Crémieu")écrit que la famille semble "suspecte". Il n'est pas déraisonnable de penser que les Augustins de Crémieu aient pu être pour quelque chose dans la formation de Jacques le père (enseignaient-ils la gnomique?).

Les cadrans gravés pourraient lui être imputés, ceux peints auraient été réalisés avec l'aide de ses fils, peut être et surtout Gaspard né le 27 janvier 1786. Intéressant ce Gaspard Liobard, fils cadet, porté maçon sur un registre de 1813. Il est dit plâtrier et horloger dans la matrice cadastrale de 1835, métier peu commun. Gaspard décède en 1856. A Bourgoin on retrouve l'acte de mariage de Claude, perruquier, fils de Gaspard (10 juin 1857). Le couple paraît avoir résidé à Ste-Foy-les-Lyon 69. N'y aurait-il pas, par hasard, un cadran solaire dans cette région? à creuser!

Quiconque posséderait des infos concernant la "saga" Liobard peut, s'il le désire, me contacter (Tony Mazzotti Belleville 69220 lieu-dit Les Poutoux.) soit pour des rectifications, soit pour des compléments d'information.



Cadran après restauration de T. Mazzotti, (les lignes du bas étaient presque totalement effacées).



Pétanque et gnomonique

Par Bernard Rouxel

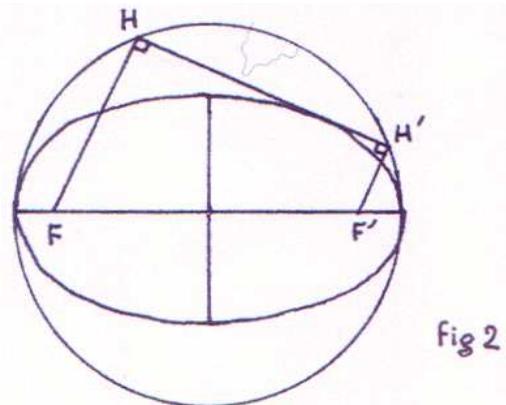
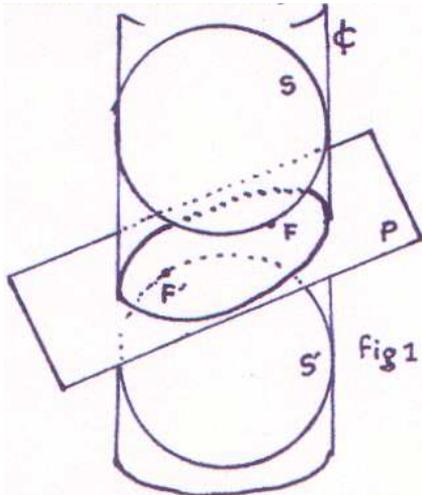
Une boule de pétanque sur le sable, cela évoque les vacances... le soleil... mais si l'on regarde l'ombre de la boule, on constate que c'est une ellipse dont un foyer est le point de contact de la boule et du sable en vertu des théorèmes belges (Dandelin et Quetelet), enseignés jadis dans les classes de math-élems. D'où l'idée d'utiliser la boule comme gnomon et d'étudier les variations de l'ellipse dans le temps pour en déduire un cadran solaire.

Les théorèmes de Dandelin et Quetelet sont relatifs à l'intersection d'un cône ou d'un cylindre de révolution et d'un plan. Ici c'est le cas d'un cylindre qui nous intéresse.



"L'intersection d'un cylindre de révolution C (barré) et d'un plan P est une ellipse dont les foyers sont les deux points de contact F et F' , avec P , des deux sphères S et S' inscrites dans C (barré) et tangentes à P " (fig.1).

Par ailleurs nous utiliserons le théorème classique suivant: "La projection orthogonale H d'un foyer F d'une ellipse E sur une tangente quelconque à E , appartient au cercle principal de l'ellipse (fig. 2). (Le cercle principal d'une ellipse est le cercle ayant pour diamètre le grand axe de celle-ci).

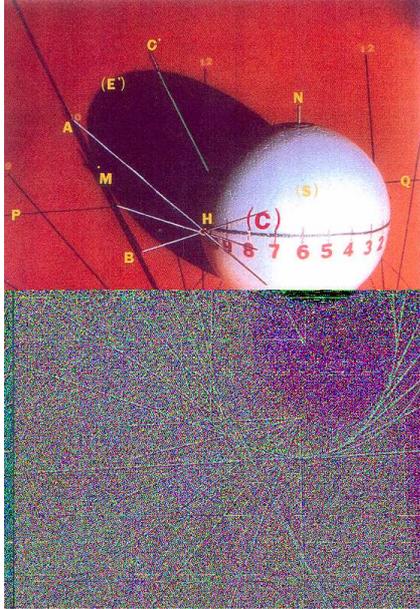


Variations des ellipses pour une heure donnée.

Nous introduirons une ellipse particulière E , intersection du plan P du cadran et d'un cylindre de révolution (dont les génératrices sont à l'axe du monde et tangentes à la boule. (E serait l'ombre de la boule si le soleil pouvait se trouver sur l'axe du monde!) Cette ellipse a deux foyers F et F' (F étant le point de contact de la boule et de P). Nous utiliserons également un cadran horizontal auxiliaire K supposé tracé dans le plan P .

Pour une heure donnée h (10 heures sur la figure 3) les rayons du soleil sont parallèles au plan horaire 10 heures du cadran auxiliaire. Deux plans tangents à la boule en H et H' sont parallèles à ce plan horaire. Ces plans coupent le plan P selon deux droites parallèles. On en déduit que les ellipses d'ombre demeurent tangentes durant l'année, à deux droites parallèles à la ligne horaire h du cadran auxiliaire. Ces droites sont également tangentes à l'ellipse E . Nous ne conserverons qu'une droite pour chaque heure.

Tracé géométrique des lignes horaires.



Pour tracer la ligne horaire 10 heures, on doit construire une droite parallèle à la ligne horaire 10 heures du cadran auxiliaire et tangente également à E. Il suffit de mener de F (ou F') une perpendiculaire à la ligne 10 heures du cadran auxiliaire, cette perpendiculaire coupe le cercle principal de E en un point de la droite cherchée. Sur la figure 3 nous avons tracé directement le transforme du cadran auxiliaire de centre F' par une rotation de 90° .

On obtient ainsi sur le sable un cadran solaire ou le gnomon est une boule. On peut en augmenter la précision en traçant les lignes correspondant aux 1/2 et 1/4 d'heures. Sur la figure 4 les lignes horaires sont tangentes aux ellipses d'ombre à gauche le matin et à droite le soir.

Variation des ellipses pendant une journée.

Pendant une journée les cercles d'ombre (sur la boule B demeurent tangents à deux cercles C1 et C2 d'axe ON (axe

Figure 3

du monde) en deux points m_1 et m_2 (fig.5). Le cylindre de révolution circonscrit à B le long de C et les deux cônes de révolution d'axe ON circonscrits à B le long de C ont deux génératrices communes passant par m_1 et m_2 . Ces surfaces sont tangentes le long de ces génératrices et leurs intersections avec P sont également tangentes. Donc pendant une journée les ombres de B sur P demeurent tangentes à deux coniques intersections de ces

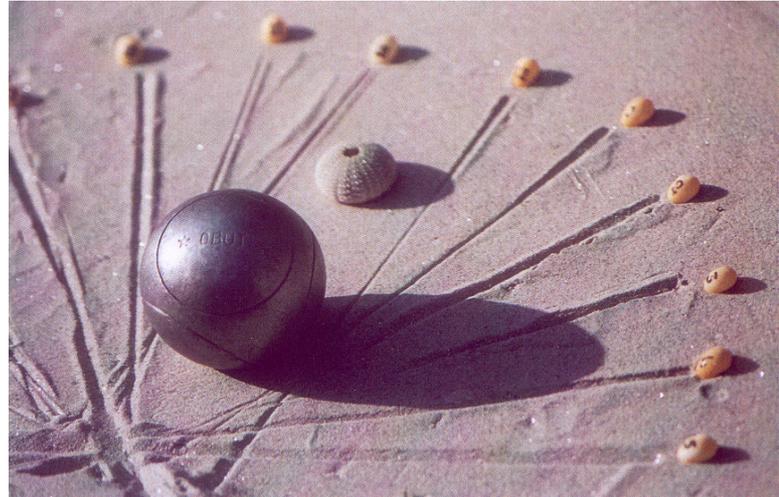


Figure 4

cônes et de P. Ces coniques sont semblables et ont F pour foyer. Les points de contact μ_1 et μ_2 correspondent à des tangentes parallèles et μ_1 et μ_2 passe par O. On peut obtenir diverses sortes de coniques, on obtient des paraboles pour $\varphi + \delta = 90^\circ$.

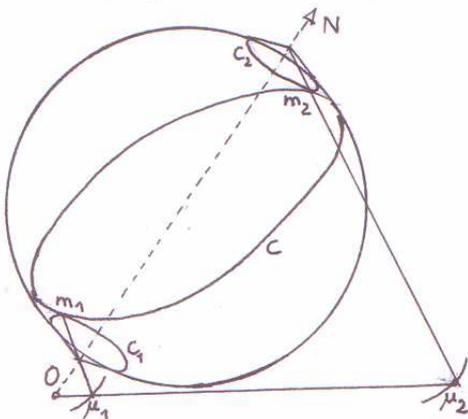


Figure 5

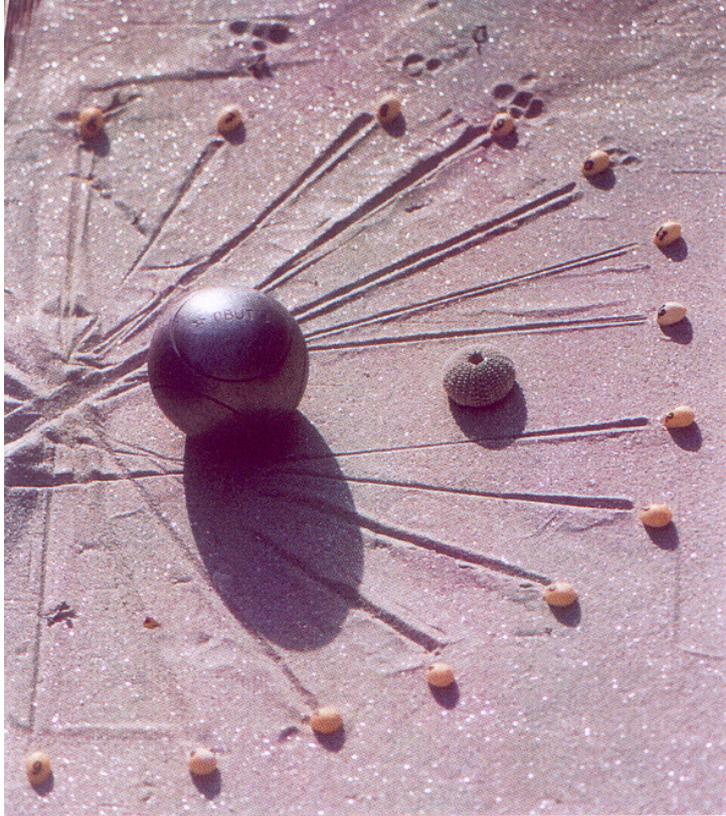
Positions extrêmes de M sur une ligne horaire (fig.3).

Pour une heure donnée le point de contact de l'ellipse et de la ligne horaire varie entre deux positions A et B. HA et HB appartiennent au plan tangent en H à la boule et font un angle constant avec le plan équateur de la boule. Ces droites engendrent donc un hyperboloïde de révolution à une nappe, tangent à la boule le long de C. Les points A et B décrivent donc la conique intersection de cet hyperboloïde et de P. D'après un théorème de Chasles, ces coniques ont F pour foyer et PQ pour

directrice (PQ est l'intersection du plan équateur de la boule et du plan du cadran. Cette droite contient aussi à l'équinoxe les point de contact des ellipses et des lignes horaires).

Remarque (pour les géomètres!)

Pour une heure donnée la famille d'ellipses considérée est un faisceau linéaire tangentiel d'ellipses. Une transformation par polaires réciproques par rapport a un cercle



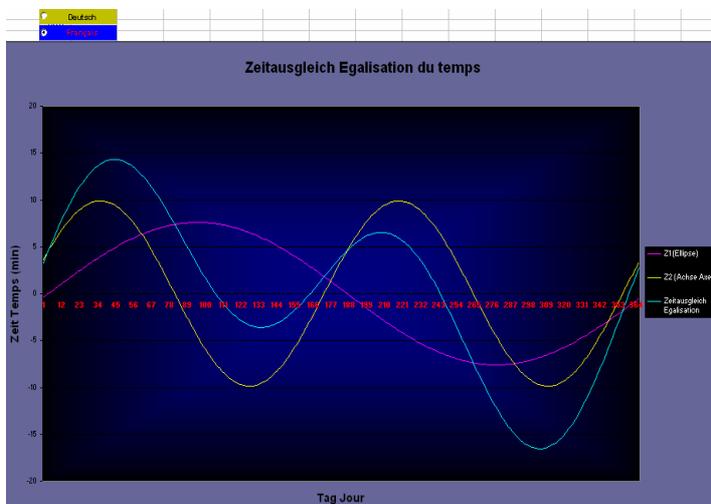
centre en F dans le plan du cadran, transforme ces ellipses en une famille de cercles orthogonaux a un cercle fixe (les ellipse ayant un petit axe de longueur constante). On peut aussi lire avec profit un article de A.Gunella paru dans The Compendium.

BIBLIOGRAPHIE

- M.Chasles: "Recherches sur les projections stereographiques .. "Annales de mathematiques XIX 1828-1829.
- G.Dandelin: "Memoire sur quelques proprietes de la focale parabolique" Nouveaux Memoires de l'Academie Royale de Bruxelles (2) 1822.
- A.Gunella: "A sphere as a gnomon ... " The Compendium, December 2005.
- A.Quetelet: "Memoire sur une nouvelle theorie des sections coniques" Memoires de l'Academie Royale de Bruxelles" (2) 1820.

Equation du temps... Yves Opizzo

Yves propose "un modeste travail" réalisé sur Excel, d'après les travaux de Ernst Fauer,



permettant de dessiner la courbe de l'équation du temps suivant les conventions de présentation française ou allemande.

⇒ Dans la version CDrom de Cadran Info vous trouverez en annexe:

L'outil sous Excel nommé : Zeitausgleich 2



Cadrans cubes

Par J.Robic

On trouve souvent des cadrans traditionnels sur un cube bien orienté ou parfois des cadrans plus compliqués sur un cube placé sur sa pointe. Mais on peut aussi positionner le cube pour réaliser très facilement des cadrans originaux en utilisant une propriété étonnante du cube : l'hexagone qui le coupe en deux. Une fois le principe assimilé, on n'est plus obligé de couper le cube.

Quelques cadrans cubes classiques

Les plus fréquents :

Les cubes sont positionnés selon les points cardinaux, avec un style polaire. On obtient un cadran horizontal et 4 cadrans verticaux : méridional, occidental, oriental et septentrional.



Le cube historique de Le Verrier à Agon-Coutainville
Photo : Robert Sagot



Celui plus récent de Charles Bruckmann présenté dans CI 12 par



Joseph Theubet

Deux variantes assez fréquentes :



A gauche :

Le cube avec des styles ponctuels et parfois déclinant comme à gauche.

A droite :

Toujours le même principe mais avec un cube calculé pour une latitude moyenne (45°) et orientable de façon à pouvoir l'utiliser à d'autres latitudes



Deux autres cubes moins fréquents



Cadran de Rafael Soler Photo : Joseph Theubet

On peut aussi compliquer le tracé en le plaçant sur pointe comme Rafael Soler. Il faut réaliser 6 cadrans inclinés déclinants, ce qui n'est pas aussi simple. Rafael a même réalisé un cadran lunaire sur l'une des faces.



celui-ci ... plus simple.

Ou simplifier le tracé en positionnant le cube avec une face parallèle à l'équateur pour réaliser un cadran équatorial de chaque côté. Je n'ai pas vu d'autres exemples de ce type de cadran, trop simple sans doute.

Le cube coupé en 2

Pour la comprendre ces nouveaux cadrans, il faut d'abord couper un cube en deux d'une façon un peu spéciale. On joint les milieux des côtés qui sont à égale distance de deux sommets opposés, et on obtient ainsi 2 demis cubes identiques à base hexagonale :



A gauche le tracé entre les sommets en haut et en bas.

On voit à droite que les traits sont bien dans le même plan.

La surface hexagonale obtenue est perpendiculaire à l'axe qui joint les 2 sommets, je laisse la démonstration à nos Collègues géomètres.

Il est donc possible de faire un cadran équatorial en rejoignant les 2 demis cubes par un axe polaire, la surface du



cadran étant hexagonale, il est facile de la découper en heures.



Face été



Face hiver

Le nouveau cube ... entier

La difficulté du cadran précédent, vous l'avez vu sur l'établi, c'est de le couper précisément, alors pourquoi ne pas faire le cadran sans couper le cube ? On conserve l'axe polaire dans le prolongement de la grande diagonale et on trace les heures avec l'hexagone qui servait à la découpe.

Malheureusement, on le voit à droite, l'ombre du style est très souvent ... dans l'ombre du cube sur lui-même.

La solution est proche, il faut utiliser le principe du cadran à corde [1]. C'est un cadran à style mobile : une corde que l'on positionne en avant du style de façon à ce qu'elle fasse de l'ombre sur ce style. La corde est alors dans le plan horaire. Le tracé des heures est le même mais à l'avant du style, les heures se retrouvent donc inversées.



La corde fait de l'ombre sur le style,
On peut lire : 3h 30



On fait la même chose avec l'autre cadran,
il est maintenant utilisable toute l'année sans être
obligé de regarder la face antérieure.

Ici, sans cube ... on garde l'hexagone et la grande diagonale. Un projet pour un parc de jeux, sans oublier la marque qui indique l'heure du goûter.

Références : [1] cadrans à corde mobile :

<http://perso.orange.fr/cadrans.solaires/cadrans/cadran-corde.html>

A suivre sur mon site : www.cadrans-solaires.fr/





Cadran canonial de St Jean de Buèges

Par Denis Schneider

Sur le clocher de l'église de St Jean de Buèges dans l'Hérault, se trouve un canonial "pluisieurs fois "singulier". Il présente la particularité non seulement d'avoir 16 secteurs égaux répartis sur 360° mais aussi d'afficher des chiffres romains de XII à VIII et de IV à XII dans une couronne extérieure ! Et encore les unités sont inversées par rapport au V !.

Plus encore, un énigmatique signe existe en bout de ligne de minuit, en lieu et place d'une difficile coexistence et du IIIIV (8) et du VI (4) ; ce signe, retournable à l'identique sur 180°, résulte en fait de la combinaison du A et du M pour donner IXXI.

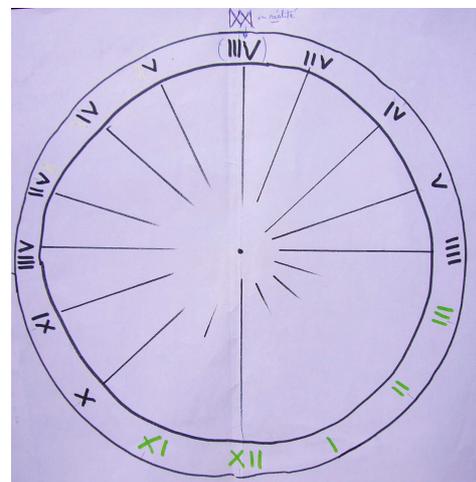


L'intuition des initiales d'Ave Maria, commencement de la salutation angélique, fut confirmée par un historien et me conduisit au monogramme de la Vierge. Celui-ci ne semblant pas apparaître dans l'iconographie avant le XVIème siècle, peut-on encore parler de canonial ?

La division en 8 d'un demi-cercle n'est pas exceptionnelle et résulte d'une subdivision de la division en 4, très classique pour marquer les heures canoniales, Prime, Tierce, Sexte, None et Vêpres. Ce qui est déjà curieux, c'est que la division en 4 est une des plus anciennes alors que le cadran paraît tardif comme l'atteste la couronne avec ses chiffres romains ; ceux-ci ne sont pas d'écriture gothique et ont leur origine à midi, 12^{ème} heure, ce qui ne correspond pas à une numérotation médiévale où la 12^{ème} heure est la dernière du jour... Cependant, il semble bien que les canoniaux avec chiffres romains affichent le XII à midi, ce qui va dans le sens de leur date tardive.

Chaque demi-journée est donc divisée en 8 parties mais avec les repères du système duodécimal (la partie inférieure du cadran s'est délitée en surface mais on peut la reconstituer en l'extrapolant: voir photo 2).

Tout est décidément très curieux car, si la 12^{ème} heure correspond bien à midi, le système horaire n'est pas à 24 mais à 16 points horaires ; il en manque donc 8 qui disparaissent à minuit (de la 8^{ème} ante antimeridien à la 4^{ème} post antimeridien). Cette disparition ou plutôt peut-être la superposition du VIII et du IV, le graveur a voulu sans doute la masquer par un signe, un symbole hautement mystique, le monogramme de la Vierge qui n'est pas sans rappeler ici l'écriture en bâtons des chiffres romains et même d'assez près les IIIIV et VI superposés !



Si la dévotion mariale avait pris de l'importance avec les cisterciens et les dominicains, la dévotion du Rosaire s'accrut bien davantage après la victoire devant Lépante de la Sainte-Ligue contre la flotte turque en 1571 avec le 7 octobre dédié à Notre-Dame de la Victoire et octobre appelé mois marial, le pape Pie V ayant eu la vision de cette victoire après qu'il eût demandé aux chrétiens de prier la Vierge. Cette date paraît néanmoins trop tardive pour un canonial. Selon le Dictionnaire de Théologie Catholique, l'invocation à Marie fut introduite par l'Eglise au XVème, amplifiée et propagée au XVIème et ce ne fut qu'en 1568 que Pie V prescrivit aux prêtres de commencer les heures canoniales par le Pater et l'Ave.

La dédicace de l'église est à St Jean-Baptiste et non à St Jean l'Evangeliste, ce qui élimine ici un lien possible entre celui qui garda la Vierge après l'ascension du Christ et la Vierge elle-même. Cependant, on peut y voir la réunion de deux principaux témoins de la vie du Christ, la Vierge, symbole de l'Incarnation, et le Baptiste, prophète de la Rédemption.

Si la nef de l'église à chevet plat est ancienne, le clocher, porteur du cadran, lui est postérieur ; l'installation haute du cadran(environ 9m), gravé sur un calcaire blanc de même nature que les pierres encadrant l'ouverture immédiatement inférieure paraît donc contemporaine de la réalisation du clocher. Dans « Languedoc Roman » paru aux éditions du Zodiaque, Jean Nougaret écrit p.45 que le clocher est d'âge classique ce qui nous repousserait au XVIIème...alors que la nef serait début XIIème.

Une rue jouxtant l'église s'appelle la rue du Prieur et l'église fut l'une de celles des nombreux prieurés des chanoines du chapitre cathédral de Maguelone. L'évêché de Maguelone fut transféré à Montpellier en 1536. Montpellier était la cité de Marie où il s'était produit nombre de miracles au sanctuaire de Notre-Dame des Tables et, dès le Xème, l'effigie de la Vierge portant l'Enfant, entre le A (alpha) et l'oméga minuscule, figurait pour armoiries de la ville avant que la 2^{ème} lettre ne se transformât en M

Dans son prochain mémoire de master 2 consacré, entre autres, aux canoniaux de l'Hérault et faisant suite à celui du master 1 (voir page 70) consacré à ceux de l'Aude et des Pyrénées orientales, Bernard Arquier se penchera sur le décidément très singulier canonial de St Jean de Buèges et souhaitons qu'il nous éclaire par l'étude du contexte et du bâti.

Proposé à la vente sur e-Bay, par un antiquaire de Laval...

Cadran méridional gravé sur calcaire, provenant, d'après la fiche descriptive, d'une propriété normande. Dimensions: 37,5cm x 37,5cm x 7,5cm. Le style est brisé.





Faites-les vous-mêmes

Rubrique animée par Jo. Theubet

Le responsable de cette rubrique, Joseph Theubet attend que vous lui envoyiez à votre tour un texte, si possible avec photo(s), sur la réalisation technique de votre ou de vos cadrans. Avec votre permission, il sera publié dans Cad-Info et fera partie d'un ensemble de « recettes » susceptible d'être publié, ne serait-ce qu'en réseau interne. Ainsi votre expérience servira à chacun de nous. Merci.*

*La Reculaz – 74350 MENTHONNEX-EN-BORNES – jo.theubet@tele2.ch

LA PEINTURE AUX SILICATES par Mario Arnaldi

Cet article, paru en italien dans la revue GNOMONICA n°8 de juin 2005, sous la rubrique :

Arte, Materiali e Tecnica a été traduit par Valentino Falcone.

La peinture aux silicates, également appelée stéréochromie ou peinture minérale, est une technique relativement récente, née vers la fin du XIX^{ème} siècle pour remplacer la technique plus difficile de la fresque, tout en garantissant une qualité assez proche.

Encore de nos jours, la technique de la fresque continue d'être considérée comme noble par excellence, mais elle exige une dextérité et une habileté hors du commun qui, par conséquent, n'est pas praticable par tout un chacun.

Avec les années j'ai appris à apprécier toutes les techniques. J'ai retenu de chacune d'entre elles des qualités particulières. Nous commettrions donc une erreur en considérant la peinture aux silicates comme une sœur mineure de la glorieuse technique de la fresque, parce que, grâce à sa haute qualité, elle offre des possibilités très intéressantes.

Parmi les nombreuses techniques picturales que l'on peut utiliser actuellement dans la construction d'un cadran solaire, la technique à base de silicates est peut-être celle qui offre les meilleures garanties de durée. Les pigments utilisés dans cette technique sont en effet très sélectionnés, et la qualité minérale de leur liant est d'être particulièrement résistante aux mauvais traitements atmosphériques et météorologiques.

Cette peinture est composée essentiellement de pigments inorganiques mélangés au silicate de potassium ou de sodium, sous forme liquide. Dans la pratique, il s'agit de silex quartzifère pur et broyé, que l'on dilue à juste mesure dans des alcalis mélangés à des pigments de type minéral. Le silicium, et l'oxygène, sont les éléments les plus répandus sur notre planète. Ces deux éléments, en se combinant, forment le silex (SiO₂), pratiquement l'élément de base de la terre, des roches et de la plus grande partie du monde minéral, en plus d'être la matière première dans la fabrication du verre.

La caractéristique principale de ce type de peinture est celle de faire un seul corps avec la couche primaire (sous-couche), une fois le processus naturel de "silicification" terminé. La couche picturale, en effet, devient partie intrinsèque de l'enduit. Dans certains cas, elle peut même subir une sorte de vitrification superficielle, typique de certaines fresques. La peinture silicatée détient d'autres qualités : celle de bien transpirer et de ne pas se couvrir d'un film, de résister parfaitement à la pollution atmosphérique, d'être incombustible et, grâce à la sélection pratiquée par les entreprises de peinture les plus sérieuses, de résister à la lumière.

La peinture aux silicates a deux défauts cependant : son coût très élevé et sa manipulation est inadaptée pour peintres non professionnels. Un set de huit couleurs de base d'un litre environ, plus le blanc, en conditionnement de 5 litres (quantité minimale), et une quantité minimale de silicate liquide, atteint facilement les 200 €. La technique, que nous exposerons

plus loin, à cause de la propriété légèrement caustique du liant, exige de prendre certaines précautions et une attention particulière pendant la manipulation.

L'histoire

L'intérêt de la « *liqueur silicium* », c'est ainsi qu'on l'appelait, était déjà vif au Moyen Age, mais pas pour des raisons picturales. Johan Wolfgang von Goethe fut si intrigué par cette substance qu'en 1768 il entreprit une série d'expériences dans le but d'en découvrir les qualités, mais sans jamais les mener pratiquement à terme.

Au début du XIX^{ème} siècle, le chimiste allemand Fucus parvint à synthétiser une substance liquide semblable au verre, le silicate de potassium, qui fut appelé « *verre liquide* » ou « *eau de verre* ». Cette matière fut utilisée principalement pour ignifuger des produits manufacturés.

Le problème posé par Ludovic I^{er}, roi de Bavière, à savoir la découverte d'une nouvelle technique picturale susceptible de remplacer celle de la fresque, trouva sa solution grâce à l'intuition d'Adolf Wilhelm Keim, premier et vrai inventeur de la technique au silicate. L'idée de Keim fut celle de fixer les couleurs à la paroi au moyen d'une solution de silicate de potassium, en obtenant ainsi un ancrage du pigment jamais obtenu jusque-là sinon avec la fresque.

Bien que, déjà en 1846 à Munich, les teintes au silicate fussent expérimentées, celles que Keim breveta en 1878 se montrèrent incomparables, et depuis, on parla du « système Keim ».

Evidemment, avec le temps le produit fut amélioré, avec une plus grande gamme de couleurs notamment, afin d'offrir une utilisation plus étendue.

La technique

La technique de la peinture aux silicates ne présente pas de difficultés particulières, surtout aujourd'hui que le produit a été étudié pour une plus grande facilité d'usage, mais une certaine attention est exigée. Je me limiterai à donner des conseils préventifs concernant la sous-couche, et quelques recommandations pratiques. Pour de plus amples informations, le lecteur consultera la bibliographie ci-dessous. Il est nécessaire d'expérimenter de par soi-même les différents aspects offerts par cette technique.

Le meilleur crépis pour le silicate est justement le si décrié *ciment mélangé au sable*, parce que aussi bien le ciment que le sable sont de nature siliceuse. D'autres crépis conviennent aussi, ceux à base de sable et de chaux, ou mixtes (sable, ciment, chaux), ou encore des mélanges pré-confectionnés, pourvu qu'ils soient de nature exclusivement minérale et qu'ils aient subi une bonne période de séchage¹. En effet, l'humidité contenue dans le crépis pourrait causer des altérations de la teinte. En outre, à cause de la neutralisation incomplète de la sous-couche, une alcalinité calcique excessive pourrait se produire en surface, empêchant ainsi le silicate de pénétrer en profondeur, ce qui entrainerait la formation de croûtes destinées à se détacher.

Malgré la possibilité de traitements opportuns préventifs, il ne faudrait pas avoir des sous-couches différentes. Peindre sur des parois égalisées avec du plâtre par exemple, comme je l'ai constaté, va endommager la peinture qui, bien sûr, s'attachera à la sous-couche et perdra ainsi toutes ses caractéristiques.

Il faut éviter de peindre avec des silicates directement sur des parois prépeintes avec des peintures qui génèrent des films, telles que les superlavables, les acryliques, les vinyliques, les émaux, etc., sans avoir au préalable raclé et brossé entièrement la surface à peindre. Dans certains cas, comme pour les peintures à l'huile, ce serait déconseillé parce que les vieilles imbibitions d'huile de lin ne permettent pas au silicate de pénétrer de manière appropriée dans le crépis.

¹ Tous les crépis pour la stéréochromie, y compris le ciment, doivent être séchés au moins pendant deux à quatre semaines et même davantage. Les crépis en ciment se stabilisent après un an environ, ceux en chaux après 6 mois.

Il peut arriver de devoir peindre sur un vieux crépis comportant des rapiécages récents; dans ce cas il est nécessaire de décaper toute la surface², ou du moins les rapiécages récents, pour en accélérer le vieillissement. C'est une opération facile mais pas exempte de problèmes. La difficulté de doser le fluosilicate peut causer des résidus en surface. En effet, l'acidité du produit n'ayant pas réagi, cela pourra causer le blocage immédiat des silicates en les empêchant de précipiter dans le support. Il faut par conséquent éliminer toute trace superficielle de décapant en brossant d'abord la surface, puis en la lavant abondamment avec de l'eau.

Il est donc possible de peindre uniquement sur des crépis propres ou nettoyés, ou pré-peints avec des teintes d'origine minérale, tel le silicate ou la chaux. Il serait préférable cependant de traiter en appliquant une couche de silicate pur dilué. La peinture étant recouverte, on pourra utiliser aussi bien un pinceau qu'un vaporisateur.

Dans la pratique, il est préférable de traiter les surfaces à peindre avec de la peinture aux silicates, en appliquant une couche transparente silicatée sur des crépissages neufs, et plusieurs couches – mouillé sur mouillé – sur des crépis anciens plus poreux.

Le silicate de potassium ne doit jamais être utilisé pur, car il se vitrifie excessivement: Il faut le diluer avec de l'eau distillée en juste mesure. Ne pas utiliser de l'eau contenant des sels, du calcaire ou des substances organiques. Même l'eau du robinet est déconseillée.

A l'origine, le silicate de potassium, ou de sodium est de nature neutre, non alcaline. Dilué avec de l'eau, il produit des réactions alcalines, donc légèrement caustiques. Il faut donc le manipuler avec précaution en utilisant des gants en latex et une protection appropriée pour les yeux³. A cause de cette causticité on doit nettoyer souvent les pinceaux avec de l'eau propre et bien les essuyer avant réutilisation. Toujours pour la même raison, il faut isoler toutes les parties étrangères au dessin, celles de nature minérale et plus particulièrement siliceuse, telles que verre, céramique, terre cuite, pierres naturelles et aussi les métaux.

Les méthodologies modernes

Ce qui a été écrit à propos du silicate pur n'a plus qu'une valeur très réduite à présent, parce que la plupart des fournisseurs proposent actuellement du silicate déjà dilué de manière optimale. Celui-ci est utilisé à part égale avec l'eau, pour diluer les teintes, appliquer une couche d'impression aux crépis ou fixer les couleurs.

Anciennement on diluait les pigments, les mêmes que ceux utilisés pour les fresques (excepté le blanc) avec le silicate, ou bien on peignait directement sur le mur en diluant les teintes avec de l'eau distillée ou de l'eau de pluie. Ensuite on fixait le tout avec plusieurs vaporisations de silicate de potassium. Actuellement, la technologie et les nouvelles formules permettent d'avoir des couleurs déjà prêtes à l'emploi et déjà diluées dans les bonnes proportions avec le silicate.

Les maisons productrices d'aujourd'hui suivent les normes DIN 18363, ce qui permet l'introduction de polymères organiques d'une quantité maximale de 5 %. Cette faible quantité de polymères ne permet pas d'avoir des caractéristiques de liants mais uniquement d'hydrofuges. Les maisons sérieuses maintiennent ce pourcentage très bas (jusqu'à 3,5%) ou bien elles n'en introduisent pas du tout. L'ajout d'un polymère organique, même s'il diminue la nature strictement minérale des teintes aux silicates, n'en altère pas la qualité mais les rend plus appropriées à des parois endommagées par des climats pluvieux et humides.

La peinture aux silicates a d'excellentes qualités de couverture (parfois il suffit d'une seule couche de couleur pour atteindre le degré de couverture souhaitée). En cas de pouvoir de couverture excessif, on peut diluer les couleurs par la suite avec de la solution transparente de

² C'est-à-dire traiter avec des fluosilicates d'aluminium, magnésium ou zinc. On les trouve dans le commerce sous différents noms. Solubles dans l'eau, ils sont inodores et insipides, et il faut prendre la précaution de protéger les parties à ne pas traiter car ils peuvent être corrodés.

³ Eviter d'utiliser des lunettes, car les lentilles en verre pourraient être endommagées irrémédiablement.

silicate pur, jusqu'à l'obtention des précieuses transparences typiques des couleurs à la chaux ou des fresques.

Surtout dans les travaux de restauration, la transparence que l'on obtient avec une certaine dilution des teintes, confère à la peinture cette vibration chromatique typique des œuvres anciennes.

Si le résultat final venait à se montrer trop opaque ou avec des différences de brillances dues à des glacis surchargés de silicate, on peut étendre sur la surface du cadran une couche de solution transparente, la même qui sert à diluer les teintes.

Actuellement, les silicates sont les peintures favorites pour la restauration des façades de palais situés dans le centre historique de nos cités, et par conséquent également pour les éventuels cadrans solaires qui pourraient s'y trouver.

Avantages et inconvénients des silicates

Pour:	Contre:
Facilité de trouver les matériaux.	Matériels particulièrement coûteux, donc inadaptés pour non professionnels
Résistance élevée à la lumière	Nécessité de précautions dans le maniement des pigments dilués
Résistance élevée aux acides	Utilisation uniquement sur crépis propres ou prépeints avec d'autres peintures d'origine minérale
Résistance élevée aux agents atmosphériques	Rareté de fournisseurs proposant les teintes de base en conditionnements de 1 kg., (en général bidons de 10 ou 20 kg)
Pouvoir de transpiration élevé	Durée de stockage limité
Résistance élevée à la chaleur.	
Intégration totale avec la sous-couche	

Résumé des différentes étapes de la peinture aux silicates.

- 1) Après une phase de séchage plus ou moins longue suivant le type de crépis, on procède au brossage et, si c'est le cas, à un apprêt préventif de la sous-couche avec du silicate pur ou dilué, ou avec le liquide de fixation fourni par le fabricant de la peinture minérale.
- 2) Peindre le cadran solaire de la même façon que celle utilisée pour les teintes lavables. Ne pas oublier de protéger les mains, les yeux et les parties externes au dessin.
- 3) Eventuellement, fixage final avec du fixateur à base de silicate liquide.

Attention, les commerçants ne connaissent pas toujours avec exactitude la nature de la peinture au silicate et pourraient vous proposer des produits silossaniques (expérience vécue). La peinture silossanique est de nature partiellement semblable et pourtant différente. Si vous voulez essayer cette technique picturale, recherchez et exigez des couleurs purement silicatées. Si vous n'avez pas l'ambition de peindre un cadran solaire avec des peintures d'une extrême qualité, vous pouvez toujours vous rabattre sur des peintures "à base de silicates", avec l'adjonction d'un liant organique de nature acrylique dans la proportion de 5% environ. Elles sont un peu moins chères et ont une qualité acceptable.

Bibliographie:

- GIUSEPPE RONCHETTI, *Pittura murale* Cisalpino-Goliardica, reprint antichi manuali Hoepli, Milano, 6° ed. 1983.
- DAMASO FRAZZONI, *Limbianchino decoratore-stuccatore* Ulrico Hoepli Milano, 8° ed., 1981.
- GIOGIO FORTI, *Antiche ricette di pittura murale*, Verona, 1983.
- AUGUSTO GAGGIONI E AA.VV., *Decorazioni pittoriche nel distretto di Bellinzona*, Ufficio dei musei etnografici, Bellinzona, 2001.
- AA VV., *Finiture e Colore – Verniciatura, Decorazione e Restauro leggero*.
BE-MA editrice, Milano, numeri vari annate 2003-2004

Ndlr : En consultant internet, on aura d'autres informations en français, ainsi qu'un choix de produits made in France.



Mesure de la longitude du soleil

Par Michel Vercasson

Ce cadran solaire n'est pas destiné à indiquer l'heure, mais à mesurer la longitude du soleil le long de l'écliptique. Bien que cela ne soit pas apparent, il a été directement inspiré par les RASHI VALAYA YANTRAS construits à l'observatoire de JAIPUR au début du XVIIIème siècle par le maharadjah JAI SINGH II

A Jaipur, (se reporter à l'article de D. Savoie et G. Baillet dans Cadran Info N° 15 de mai 2007). il s'agit d'un ensemble de 12 cadrans de type équatorial orientés de façon à ce que les plans de ceux-ci coïncident respectivement avec le plan de l'écliptique à des instants précis soigneusement répartis au cours de la journée.

Il est commode de choisir les instants où le début de chaque signe du zodiaque se trouve au point de hauteur maximale de l'écliptique ou vertex*. Dans ces conditions le point "midi" de chaque cadran correspond aux points de longitude 0°, 30°; 60°....

Le fonctionnement de ces cadrans devait être assez frustrant car il ne permet qu'un petit nombre de mesures chaque jour, lorsque le soleil se trouve dans le plan d'un des cadrans. Le nombre de mesures dépend du nombre de cadrans et de l'étendue de mesure de chacun d'eux. Avec 12 cadrans couvrant chacun un signe soit 30°, on n'obtient qu'une mesure par jour. Si chaque cadran couvre 60°, on aura 2 mesures par jour ou bien on pourra se contenter de 6 cadrans et d'une mesure par jour, etc. De plus une loi universelle fait qu'aux instants fatidiques un nuage vient souvent cacher le soleil et renvoyer la mesure au lendemain.

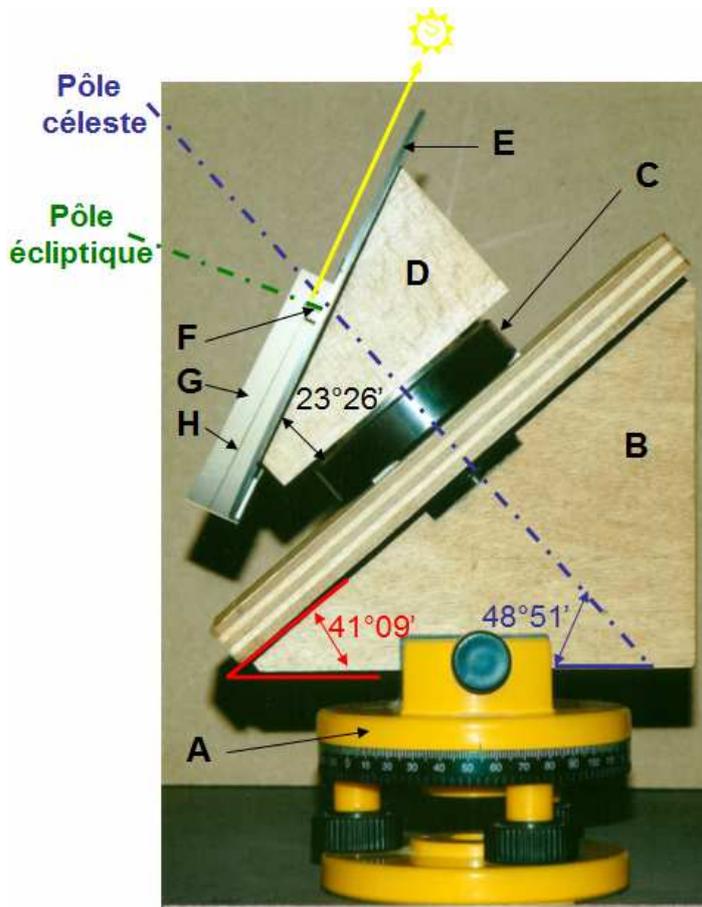
Afin d'éviter ces inconvénients, j'ai réalisé un cadran mobile dont le déplacement reproduit exactement celui de l'écliptique au cours du mouvement diurne.

Cela revient à disposer d'une infinité de cadrans plutôt que se limiter à 12.

L'appareil comporte:

- Une base **A** dont l'axe de rotation est rendu vertical à l'aide de 3 vis "calantes" et d'un niveau à bulle.
- Une cale **B** dont le bord supérieur fait avec le plan horizontal un angle égal au complément de la latitude (soit dans le cas présent: $90^\circ - 48^\circ 51' = 41^\circ 09'$).
- Un roulement à billes **C** dont l'axe matérialise l'axe polaire, permet la rotation de l'ensemble D et E.
- Une cale **D** dont l'angle est égal à l'inclinaison de l'écliptique (soit pour notre époque $23^\circ 26'$).
- Un disque **E** gradué de 0 à 360° dans le sens anti-horaire, solidaire de la cale D. La ligne 90°-270° est dans le plan de la cale. D et le point 90° du côté mince de cette même cale.





- Un style polaire **F** (il s'agit du pôle de l'écliptique) au centre du disque **E** perpendiculaire à celui-ci.
- Un écran **G** cylindrique mobile autour du disque **E** couvre 3 signes du zodiaque donc 90° . Cet écran comporte une ligne **H** parallèle au plan du disque **E** à une distance égale à la hauteur du style **F**.

Fonctionnement:

° **Réglage:**

La cale **B** doit être orientée puis fixée dans le plan méridien, de façon à ce que l'extrémité supérieure de l'axe du roulement **C**, vise le pôle céleste.

L'écran doit être placé de façon à couvrir la saison en cours (0° à 90° pour le printemps, 90° à 180° pour l'été, etc), afin de recevoir l'ombre projeté par **F**.

° **Détermination de la longitude du soleil:**

Les réglages précédents étant réalisés, il suffit de faire tourner l'ensemble mobile autour de l'axe polaire, jusqu'à ce l'extrémité de l'ombre du style tombe exactement sur la ligne **H**.

Le soleil se trouve alors dans le plan du disque **E** qui de ce fait coïncide à cet instant avec le plan de l'écliptique. Il ne reste qu'à lire immédiatement la longitude du soleil sur le disque **E** en face de l'ombre portée par le style **F** sur l'écran **G** (photo ci-dessous).



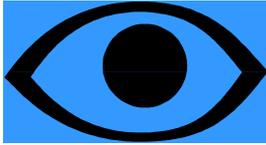
Bien qu'elle ait été réalisée partiellement en bois et en carton avec les moyens habituels d'un bricoleur, la présente maquette fonctionne de façon satisfaisante et mériterait sans doute une réalisation plus soignée.

A noter que sa précision diminue au voisinage des solstices car la déclinaison du soleil varie alors très lentement. Cet inconvénient n'est pas inhérent à ce type de cadran, JAI SING II a du constater la même difficulté à Jaïpur.

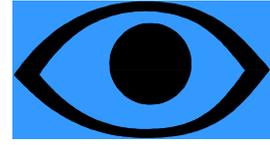
Bibliographie: Cosmic Architecture in India par Andreas Volwahn ed. Prestel-Mapin

* Vertex selon le Larousse : point de latitude maximale atteint par une ligne géodésique d'une surface de révolution.

Site de M. Vercasson : http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/cadransolaire/p6v6no3.html



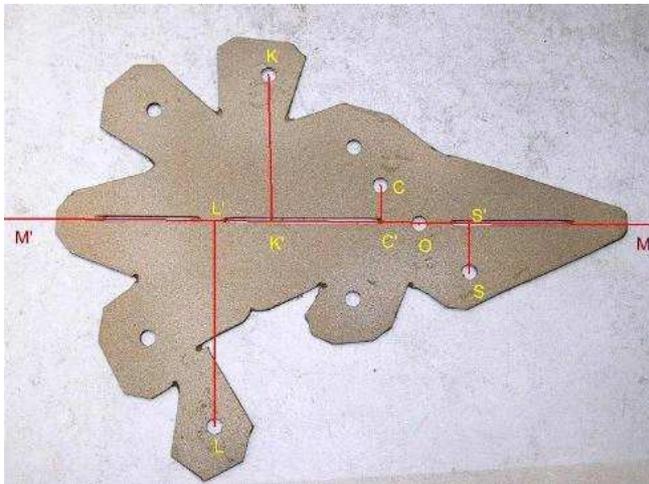
INFORMATIONS DIVERSES



° Les dernières réalisations:

- de **M. Jean Pakhomoff** à **Azille-Minervois** (Aude) en avril 2007. Le style est fait d'une plaque de laiton de 3,5 mm d'épaisseur. Une saignée centrale faite selon l'axe de rotation terrestre MM' laisse passer les rayons lumineux qui viendront indiquer l'heure civile d'été et d'hiver. Sur cet axe on perfore en O un trou de 8 mm de diamètre situé à 30 cm de l'entrée dans le plan du cadran.

Les rayons passant par ce trou indiqueront les signes zodiacaux, les heures italiques et babyloniennes, le moment de la prière du ASR et la valeur de l'équation du temps. 4 autres trous de 8 mm de diamètre percés comme indiqué ci-dessous indiqueront par les rayons lumineux qui les traversent les courbes anniversaires des membres de la famille propriétaire du cadran:



Détails du style

- trou L situé arbitrairement à 10,5 cm de O (vers M') et à 10,5 cm de l'axe MM' côté Ouest. Il indique l'anniversaire du 21 Juin.

- trou K situé arbitrairement à 8 cm de O (vers M') et à 8 cm de l'axe MM' côté Est . Il indique l'anniversaire du 16 Mai.

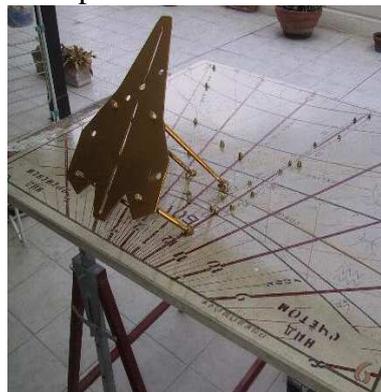
- trou C situé arbitrairement à 2 cm de O (vers M') et à 2 cm de l'axe MM' côté Est . Il indique l'anniversaire du 30 Août.

- trou S situé arbitrairement à 2,5 cm de O (vers M) et à 2,5 cm de l'axe MM' côté ouest. Il indique l'anniversaire du 7 Février.

En quelques photos les différentes étapes de la construction du cadran:



▲ Le style
et le cadran ▶



- de **M. Jean Pakhomoff** à **Argelès-sur-mer** en Avril-Mai 2007. Il indique :

1) les heures solaires de la 6^è du matin à la 4^è de l'après-midi. Il est gradué en $\frac{1}{4}$ et en $\frac{1}{2}$ heures.

2) l'équation du temps est construite sur le midi solaire (12^è heure).

3) une équation du temps graphique est dessinée au bas du cadran.

- 4) les heures babyloniennes qui permettent de savoir quel est le temps écoulé depuis le lever du soleil. elles sont tracées de la 1ère à la 8è.
- 5) les heures italiennes qui permettent de savoir quel est le temps écoulé depuis le précédent coucher de soleil. elles sont tracées de la 22è à la 13è. La comparaison de ces 2 types d'heures permet de connaître la durée du jour à tout moment de l'année et cela même sans soleil.
- 6) la courbe de prière islamique du ASR. Cette prière survient vers le milieu de l'après-midi (lorsque la longueur de l'ombre d'un objet est égale à la longueur de cet objet augmentée de la longueur de son ombre à midi). Elle est ici anticipée de 5 heures car la courbe correspondant au moment exact ne peut contenir en totalité dans le cadran vu la déclinaison trop orientale de celui-ci. Lorsque le centre de l'ombre des 2 vis stylaires touche la courbe du ASR il sera l'heure de cette prière 5 heures plus tard.
- 7) la position du soleil dans le zodiaque. Les arcs diurnes marquant les changements de signes zodiacaux ont été tracés.

Le cadran est fait sur de la pierre de cassis avec style en laiton (peint avec 3 couches de bombe dupli-color aspect ferronnerie). Ses dimensions sont de 85X75 cm en 3 cm d'épaisseur. Son poids est de 51 Kg. Les peintures employées sont des acryliques. 3 couches de vernis pierre aquaréthane SYNTILOR

Coordonnées géographiques du cadran : Latitude 42.546 nord , longitude -3.026 Est , déclinaison gnomonique 20.306 Sud-Est. La devise en catalan signifie: je dis toujours l'heure qu'il est.



Peinture du style



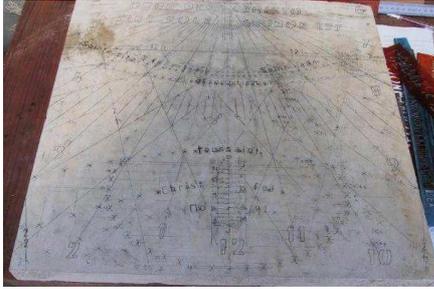
Style en position



La table

- de M. Jean Pakhomoff à la paroisse Sainte-Rita Les 3 Lucs de Marseille 12^{ème} un cadran solaire horizontal réalisé sur de la pierre de Tavel au cours du mois de juin 2007. Sa latitude est de 43.31305° nord et sa longitude -5.4368°. Il indique les dates de certaines fêtes religieuses. La courbe de déclinaison du solstice d'hiver du 21 Décembre (-23.4383°) est assimilée à Noël (-23.4166°) du 25 décembre. La courbe de déclinaison -20.816° est celle du Christ-Roi du 25 Novembre. Elle correspond également au 16 Janvier (St Marcel, St Honorat, Bienheureuse Stéphanie Quinzani) et au 17 Janvier (St Antoine). La courbe de déclinaison -14.583° est celle du 1er Novembre jour de la Toussaint. Elle correspond aussi au 9 Février (St Cyrille d'Alexandrie et Ste Apolline). La courbe de déclinaison 14° est celle du jour de l'Assomption du 15 Août. Elle correspond également au 28 Avril (St Louis Marie Grignon de Montfort) et au 27 Avril (St Paul de la Croix). La courbe en pointillés de déclinaison 13.33° est celle du 25 Avril (St Marc l'Evangeliste). Elle marque la limite des dates de Pâques survenant entre cette date et la droite d'équinoxe de déclinaison 0°. Cette courbe correspond aussi au 17 Août (St Hyacinthe). La courbe de déclinaison 20.416° correspond à la fête de Sainte-Rita le 22 Mai. C'est aussi celle du 21 Juillet (Bienheureux François de Montmorency Laval, St Victor de Marseille). Enfin la courbe du solstice d'été de déclinaison 23.4383° le 21 Juin est assimilée à la Saint-Jean survenant le 24 Juin (déclinaison 23.40°).

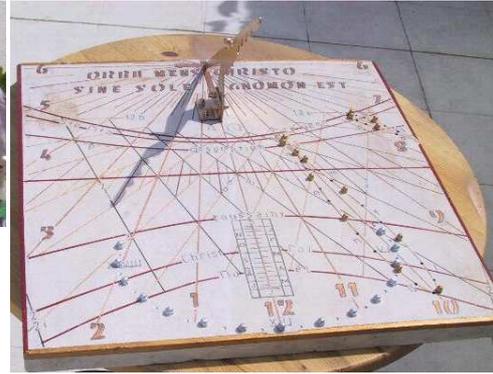
Le cadran indique également les heures italiennes et babyloniennes de la 2ème à la 12ème babylonienne et de la 12ème à la 22ème italienne. La courbe d'équation du temps a été construite sur la 10ème heure solaire.



Avant gravure et peinture



▲ Peinture du style



Cadran terminé ▶

Pour une meilleure appréciation des périodes allant du 15 avril au 1er septembre, la partie de courbe correspondante a été reconstruite sur 7h 45 ' solaire. En outre, pour rendre plus facile l'orientation du cadran vers le nord un cadran analemmétique a été construit. Lorsque les heures montrées par le cadran horizontal et par l'analemétique sont identiques le cadran est convenablement orienté au nord. Le point de sortie de l'axe terrestre et origine des coordonnées du cadran correspond au centre du X (khi) grec dans la croix.

Les renseignements d'heures solaires sont donnés par l'ombre de la partie non dentelée du style et les renseignements de date, d'heures italiques babyloniennes et d'équation du temps sont donnés par le centre de la masse métallique constituée de 2 boulons de laiton. Ce centre se situe à 17 cm de la sortie du style sur le plan du cadran. La devise "orba mens christo sine sole gnomon est" est celle du cadran fait à Arles. Elle signifie à peu près: une âme sans le Christ est un cadran solaire sans soleil.

◦ Mathématique, géométrie et astronomie à Averton (Mayenne):

Profitant d'une petite journée de soleil, Christian Chevrier a invité **Jean Michel Ansel** à démontrer les applications du cadran solaire aux élèves de sa classe. Déterminer le Méridien du lieu (l'axe nord-sud) effectuer le tracé de sa perpendiculaire est-ouest à l'aide d'un simple cordeau et transformer des cercles en ellipses par la même méthode pour voir apparaître et



comprendre le cadran solaire analemmétique.

D'apparence complexe, cette science expliquée avec des moyens simples a été globalement bien perçue. Petite déception, le cadran n'a pas pu être finalisé en peinture (art-plastique) par cause de mauvais temps, mais ce n'est que partie remise. Par ailleurs les élèves sont tout de même partis en vacances avec un petit cadran qu'ils ont réalisés sous la direction de leur professeur, de quoi continuer la belle application.

◦ "Cadrans solaires d'artisans":

C'est sous ce titre que la revue **RUSTICA** du mois de juin 2007 présentait sur 2 pages les travaux de quelques cadraniers. Ainsi <<la longévité des cadrans en lave non gélive, dotés de grands décors émaillés>> de "Joseph Auvray de l'Atelier Acacia" était mis en valeur.

"Yves Guyot", atelier "A la bonne heure" pour des <<cadrans gravés, peints sur pierre ou tracés sur façades avec enduit de chaux,>> était reconnu pour <<la précision de ses calculs>>.

A "Renaud gravure" était reconnu <<la minutie avec laquelle est réalisée des cadrans en ardoise clivée avec finition en aluminium ou en or>>

L'Atelier François Jeandon considéré comme <<un souffle alsacien>> utilise des grès des Vosges, pierre de Lens, bois, granit ou bronze et sculpte en relief des figures en relief pour exprimer au mieux la personnalité de la maison>>.

"Philippe Langlet", meilleur ouvrier de France 1986, passionné d'astronomie <<fabrique à l'ancienne et selon les dernières techniques, des cadrans de pierre pour qu'ils ne s'abîment pas et qu'ils se patinent à merveille>>.

° Pas de place pour les cadrans:

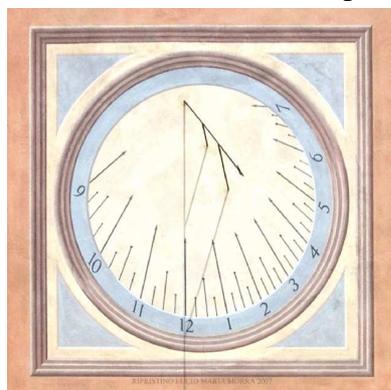


Sur ces 2 photos, M. Joseph Theubet nous montre que sur la cathédrale de Girona (Espagne), les cadrans solaires doivent laisser la place aux horloges mécaniques ou encore, accepter de se faire amputer.



° 3 Restaurations de cadrans

Réalisées en Italie par Luccio Maria Morra



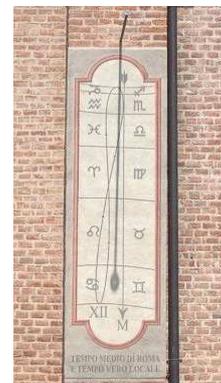
Magliano Alfieri
Église Paroissiale
Sant'Andrea

Cadran marqué avec l'heure civile et gradué par quarts d'heure, remontant à la troisième décennie du XIX siècle.



Cavallermaggiore
Casa Mana (autrefois Palazzo
Molineri)

Riche cadran figuré du commencement du XVIII siècle avec une devise latine qui signifie "Je ferai demain, tu dis, et entre temps il passe l'heure accordée: agis tu aujourd'hui; il fuit ce jour qu'il ne reviendra pas."



Piobesi d'Alba
Église Paroissiale San
Pietro in Vincoli

Ce cadran fut réalisé presque certainement en 1887 à l'occasion d'une restructuration du bâtiment. Il fournit le signal horaire de XII heures, temps moyen de Rome (en vigueur de 1866 à 1893), et du midi vrai local.

° De Zonnewijzerkring

Aux Pays-Bas, notre ami Fer de Vries a laissé sa place de secrétaire de l'association néerlandaise. Il en est maintenant "membre d'honneur". Son successeur est Hendrik Hollander, que nous félicitons. Adresse: De Beekstraat 35, 1024 LJ Amsterdam; courriel: secretaris@de-zonnewijzerkring.nl).

° Découverte des cadrans sur "France 3 Bourgogne Franche-Conté":

Les cadrans solaires

Cette page été, consacrée aux cadrans solaires, vous fera découvrir des cadrans insolites



Voici une promenade à faire un jour sans nuages; grâce au site internet conçu par un informaticien bisontin, vous pouvez partir à la découverte des cadrans solaires de notre région et vous initier à la gnomonique, la science des cadrans.

Voici le site consacré aux cadrans solaires : www.cadrans-solaires.org
L'office du tourisme de Besançon consacre des visites guidées dédiées aux cadrans solaires, vous aurez les informations à cette adresse :
<http://www.besancon-tourisme.com/visitesguidees.php>

Fin juin dernier, **François Blateyron** a participé au tournage avec une équipe "France 3 Besançon" sur la découverte des cadrans solaires insolites. Le reportage a été diffusé le 24 juillet dans "Pages Eté" du journal régional.

D'autre part l'office de tourisme de la ville de Besançon a organisée durant tout l'été des visites guidées des cadrans de la ville.

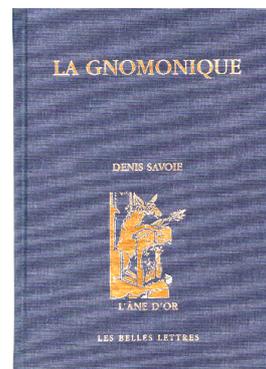
<http://bourgogne-franche-comte.france3.fr/dossiers/32892692-fr.php>



Des livres et des revues

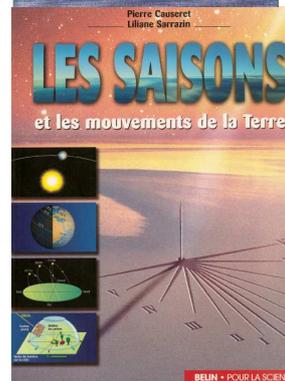
■ **LA GNOMONIQUE** par Denis SAVOIE éd: LES BELLES LETTRES

Cette ré-édition du livre publié en 2001 était attendue avec impatience. Elle a été revue et augmentée principalement en ce qui concerne les cadrans solaires dans et sur des volumes, les cadrans fonctionnant en ombre rasante et l'étude de l'ombre et de la pénombre.



■ **LES SAISONS** et les mouvements de la terre par P. Causeret et L. Sarrazin chez « Belin Pour la Science »

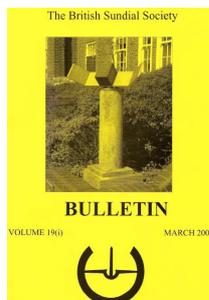
Ce livre écrit par deux professeurs (mathématiques et sciences physiques) est bien sûr très pédagogique. Il permet entre autre de comprendre d'une manière simple, avec des expériences et des exercices le fonctionnement de...nos cadrans solaires. Des maquettes sont proposées pour observer et assimiler les mouvements apparents du soleil.





Gnomonique du Monde

Aux sommaires des dernières revues ou publications qui nous sont parvenues des associations gnomoniques étrangères:



British Sundial Society: VOLUME 19(i) - March 2007

Editorial

Derbyshire Sun Dials - Maxwell Craven

Readers' Letters - Lusby Taylor, Ashmore, Mills

Earth's Rotation - John Wall

Death at the Sundial - Roger Bowling

The Vertical Sundial of the Church of the Dormition of the Virgin at Agria Trias in the Argive Plain - E. Th. Theodossiou & A. Dakanalis

Solar and Lunar Data 2007 - Fiona Vincent

Dial Dealings 2006 - Mike Cowham

Beccles-an epilogue 'milestone' - Patrick Powers

Birthday dial

Early French 'Shell' Dials - Mike Cowham

A Universal Italian and Babylonian Hour Accessory - Chris Lusby Taylor

Extract from Ioseph Moxon's 'Mechanick Exercises' - John Davis

The Restoration of the Dial on the Thomas Plume Library, Maldon - John Davis

Cooke's New Sundial and the Beadsmore Heliochronometer - Peter Lane

Sundials Suffuse Secondary Schools

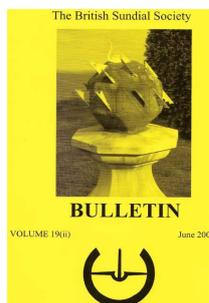
The Sundial in La Specola Museum, Florence - Stefano Barbolini, Guido Dresti, Frank King & Rosario Mosello

Postcard Potpourri 3-Wilton Bridge, Ross on Wye - Peter Ransom

The Self-Setting Property of Dual Sundials - Michael Lowne

Book Review - Patrick Powers

Orientation of St Mary's Church, Stoke D' Abemon, Surrey - Ken Head



VOLUME 19(ii) - June 2007

Editorial

Brass or Bronze? - John Davis, Trevor M Brown & Irene Brightmer 56.

BSS Photographic Competition 2006 - Patrick Powers

Minutes of the 18th Annual General Meeting

BSS Accounts 2006 - Graham Stapleton

Chatsworth and our Chairman... - Patrick Powers

Making Brass Disks the Easy Way - Tony Moss

David Harber - A visit report from Douglas Bateman

Shedding a Glorious Light-Stained Glass Sundials - Christopher St J H Daniel 73. Bird in Hand - Christopher St J H Daniel

Nailsea Replacement Sundial - Carol Arnold

Sunrise and Sunset Hours on a Garden Analemmatic Dial - K H Head

Postcard Potpourri 4-Haulfre Gardens, Llandudno - Peter Ransom

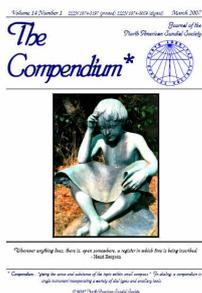
Readers' Letters - Fred Sawyer, Michael Faraday, Tony Wood

Painswick Pharmacy- the first BSS Grant-Aided Restoration - Tony Wood & Harriet James
 The Vertical Sundial of Panaghia Vlaherna Convent in Kyllene, Pelloponnese - E Theodossiou, Y Kouris & V Manimannis 86. BSS Annual Conference-Fitzwilliam College, Cambridge - Chris Lusby Taylor
 Astrolabes-Part 1, Introduction - Tony Ashmore
 Solar and Lunar Data 2007 - Fiona Vincent
 'Sundial Notes' calendar - John Foad



GNOMONICA ITALIANA mai 2007

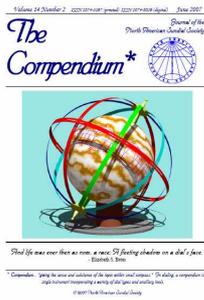
- 2 Le ore italiane. Origine e declino di uno dei più importanti sistemi orari del passato (seconda parte) Mario Arnaldi
- 11 La Posta, Diego Bonata
- 12 La meridiana filare della Specola a Firenze Stefano Barbolini
- 16 Un caso limite di orologio bifilare in grado di modellare la forma della curva equinoziale Fabio Savian
- 21 XIV Seminario di Gnomonica, Enrieo Del Favero 24 Una tabella insolita Gianni Ferrari
- 28 Arti, materiali e tecniche, Mario Arnaldi 30 Riappare dopo un secolo la meridiana di Trinita dei Monti a Roma Mario Catamo Alessandro Gunella
- 36 I quiz, Alberto Nicelli
- 37 Come costruire un antico orologio conico Riccardo Anselmi
- 42 Reensioni, Gianni Ferrari
- 47 Itinerari gnomonici, Pier Giuseppe Lovotti 50 Azimut ed altezza del Sole riflesso dallo specchio Alessandro Gunella
- 52 Coordinate altazimutali di un raggio riflesso da uno specchio Gianni Ferrari
- 55 Rassegna Stamp a, Mario Arnaldi
- 57 Georg Hartmann e le eoppe con l'orologio solare da leggersi nell'acqua. Hartmann e il problema di Aehaz Alessandro Gunella
- 61 Effemeridi, Paolo Alberi Auber
- 62 La costruzione dell'orologio italiano in una semisfera con il bordo su un piano orizzontale



The COMPENDIUM volume 14 n° 1 mars 2007

- | | |
|---|--------------------------|
| Sundials for Starters: A Graphical Dial Construction | Robert Kellogg |
| Sightings... At The Denver Federal Courthouse | Steven Woodbury |
| A New Family Of Cylinder Sundials | Joël Robic |
| An Azimuth Nomograph & Some Azimuth Cylinder Sundials | Mac Oglesby |
| Old Public Sundials In Tallinn | Uno Kurvet |
| An Osculatory Sundial | Fred Sawyer |
| Patent Corner: The Paddock Sundial Sculpture | Fred Sawyer, Mac Oglesby |
| Digital Bonuses | Various |
| Adventures Of Capt. John Smith, Pocahontas, And A Sundial | Sara J. Schechner |
| Telling Time With Quaternions | Paul Kinion |
| Quiz Answer: The Shadow Of A Roof | Rolf Wieland |
| Eggs And Sundials | Bernard Rouxel |
| Quiz: Robinson's Quandary | Fred Sawyer |
| A Sighting In St. Augustine, Florida, Revisited | Don Snyder |
| The Tove's Nest | |
| Uno Kurvet's Sundial Card | Uno Kurvet |

Back



volume 14 n° 2 juin 2007

- Sundial for Starters – Construct A Simple Equatorial Dial
- Bifilar Sundials
- Hollander Dial Software
- A Survey Of Simulated Gnomonic Designs
- Quiz: Azimuth
- Sightings... In Greenville, South Carolina
- Oughtred
- Measurement Of Wall Declination
- Quiz Answer: Robinson's Quandary
- Expanded Az-Nomograph ...
- Reflection Sundial With A Shadowing Rod
- Digital Bonuses
- The Tove's Nest
- To A Sun-Dial
- J. Mandl's Altitude Abac

- Robert Kellogg
- Bernard Rouxel
- Brian Albinson
- Luigi Ghia / Tonino Tasselli
- Bill Gottesman
- Steven Woodbury
- Alessandro Gunella
- Herbert O. Ramp
- Fred Sawyer
- Mac Oglesby
- Gianni Ferrari
- Various
- Elizabeth S. Bates
- Fred Sawyer

Le Gnomoniste (à retrouver sur le site: http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/)

Le Gnomoniste
Volume XIV numéro 1, mars 2007

Chers amateurs des cadrans solaires,

J. Robic
St-Bruno-de-Gulges, au Témiscamingue

P. Gagnaire
Greenwich, UK

Holbein le Jeune

Scaphe de Carriage
Montbello, au Québec

Dans ce numéro

- Liminaire (L. XIV, 1) par André E. Bouchard 2
- Une mystérieuse devise normande par Paul Gagnaire 3
- Du cadranier au mentor par André Beaulieu 6
- La culture québécoise et les cadrans solaires sur notre territoire par André E. Bouchard 7
- «Mon Zarcuis finachevé par José Robic 18
- Correspondance 19
- Des ajouts récents dans la bibliothèque de la CCSQ par André E. Bouchard 20

Un beau cadran polyédrique d'Écosse
Une des nouveautés dans ma bibliothèque: André Gotteand

La Commission des Cadrans solaires du Québec, 42 avenue de la Brunatise, Outremont, Québec, Canada H3T 1R4
http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/

Le Gnomoniste
Volume XIV numéro 2, juin 2007

Chers amateurs des cadrans solaires,

André E. Bouchard, Ph.D., rédacteur

Dans ce numéro

- Liminaire (L. XIV, 2) par André E. Bouchard 2
- Un projet de cadran pour Québec 2008 par J. Serge Dion 3
- Quelques commentaires sur d'autres cadrans maritimes de J. Serge Dion par André E. Bouchard 5
- De nouveaux cadrans du berger par René Mercier 8
- La construction d'un voyage insulaire à Leudes par André E. Bouchard 9
- Correspondance 19
- Le cadranier solitaire familial par Michel Marchand 21
- De la révolution du triangle sphérique de position par l'astéisme... (2) par Yvon Masse 23

La Commission des Cadrans solaires du Québec, 42 avenue de la Brunatise, Outremont, Québec, Canada H3T 1R4
http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/

Zonnetijdingen 2007 -1 (41)

- De verbeelding van de macht- Eric Daled
- Cilindrische equatoriale zonnwijzer met meerdere toepassingen - A. Pauwels
- Een zonnwijzer in Kaboel- Julien Lyssens
- De kristallen zonnwijzers van Royal Leerdam- Frans W. Maes (NL)
- Onder de Braziliaanse zon... Eric Daled
- De huisvrouwentruc van Herbert- Willy Leenders
- Vragen staat vrij- Willy Leenders
- Kringleven

2007 -2 (42)

- Leerlingen VTI-Tielt realiseren drie zonnwijzers- Willy Leenders
- Cilindrische equatoriale zonnwijzer met meerdere toepassingen (deel2)-A. Pauwels
- De helix-zonnwijzer van Piet Hein- Frans W. Maes (NL)
- Tranentrekker- Frans W. Maes (NL)
- Zonnwijzers met chronogrammen- Willy Leenders
- Verbeelding aan de macht- Julien Lyssens
- Vragen staat vrij- Willy Leenders
- Kringleven