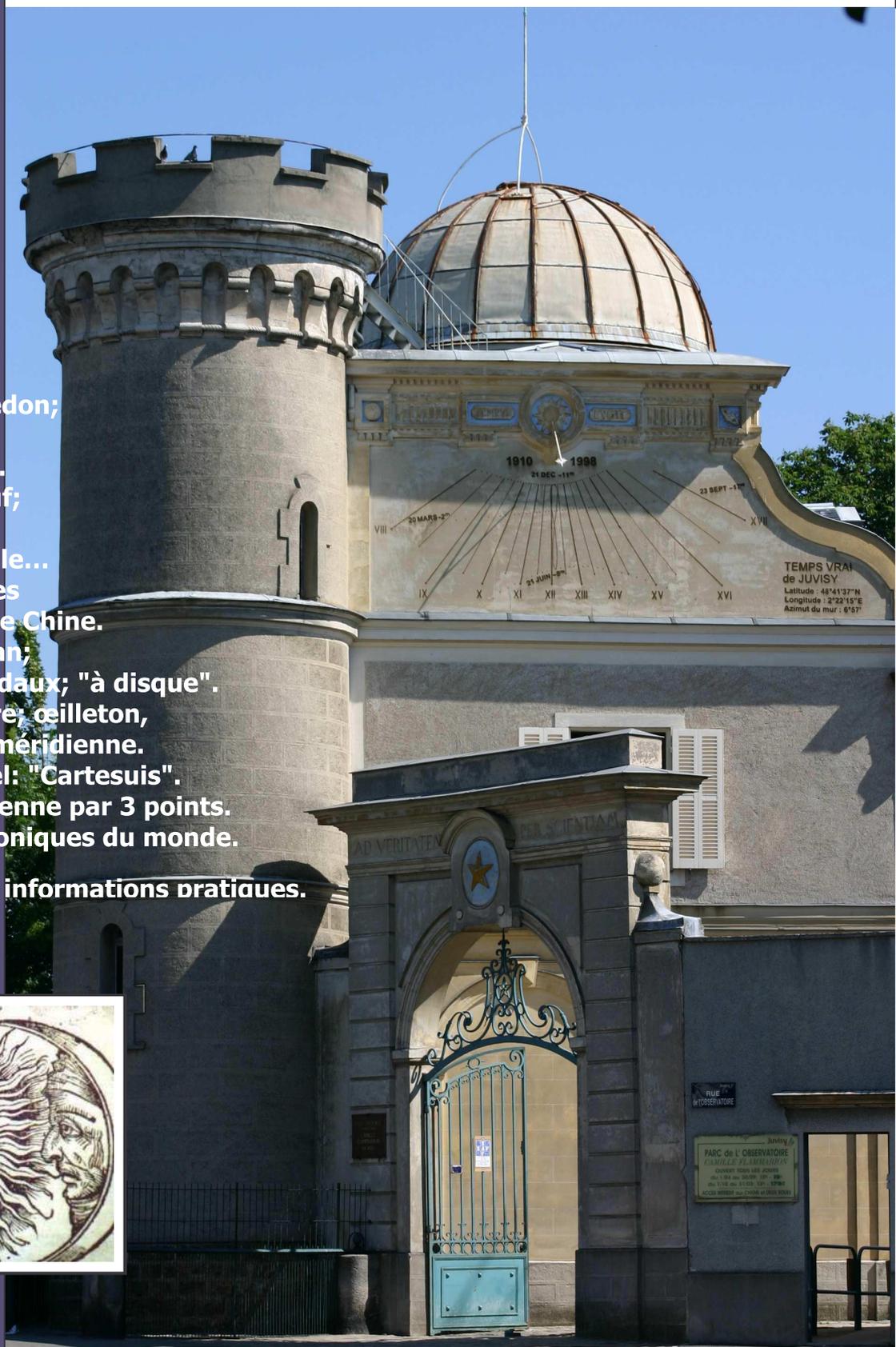
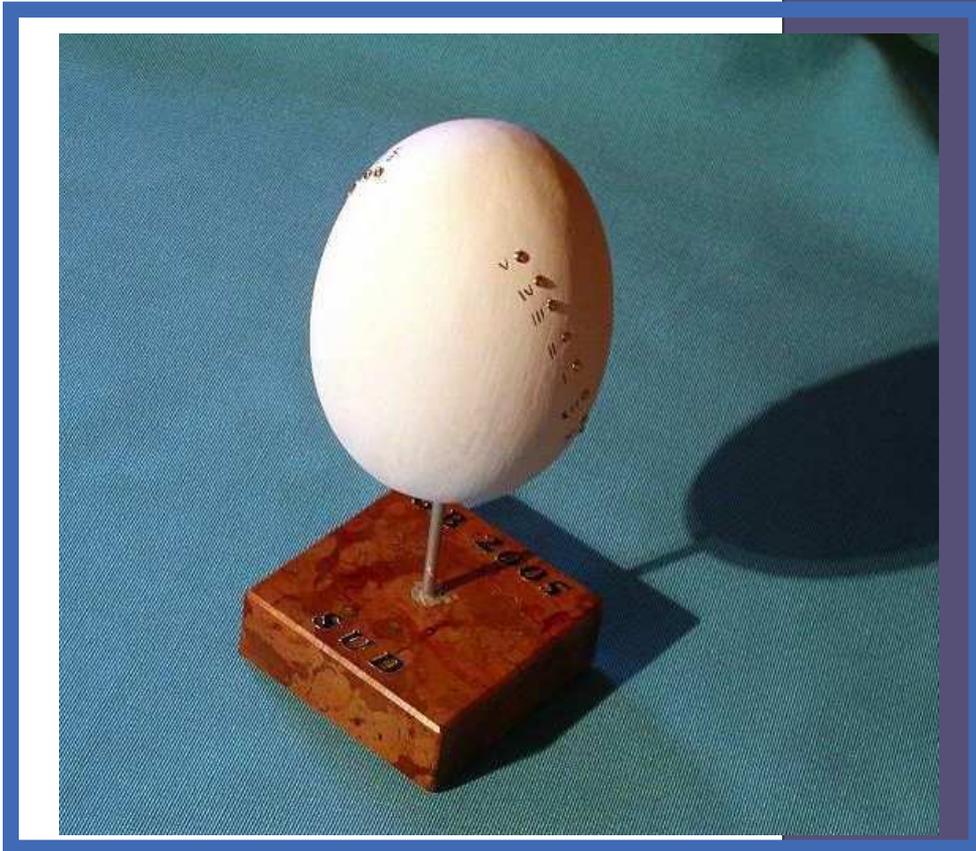


Au sommaire :

- Cadrans de Montredon; de Chinon; de Saint-Priest.
 - Cadrans sur un Œuf; avec des CDs; sur une bouteille...
 - Instruments et sites astronomiques de Chine.
 - Cadrans de Freeman; bifilaires; hélicoïdaux; "à disque".
 - Ombre et pénombre; œillette, tache solaire et méridienne.
 - Un nouveau logiciel: "Cartesuis".
 - Tracé d'une méridienne par 3 points.
 - Les sociétés gnomoniques du monde.
- et de nombreuses informations pratiques.





Cadran sur un Œuf: Réalisation de G. Baillet



Sommaire du N° 13

Logiciel "CARTESIUS"		Anselmi R	4
Cadran de Montredon		Benoît D	10
Typologie par l'Image		Dallet P J	12
Cadran "disque"		Dallet P J	18
Cadran de Freeman		Echard J F	20
L'heure de l'Eau de Vie "Grappa"		Del Favero E/ <i>Gotteland A</i>	25
Ombre et pénombre		Ferrari G	27
Voyage Astronomique en Chine		Gotteland A	34
Faites-les vous-mêmes		Gagnaire P / <i>Theubet J</i>	51
Méridienne par 3 points d'ombre		Massé Y	55
Cadrans de Chinon		Pineau F	59
2005 L'ANNEE CASSINIENNE		Paltrinieri G/ <i>Gotteland A</i>	65
Cadran hélicoïdal de Piet Hein		Rouxel B	70
Cadran solaire et l'oeuf		Rouxel B	72
Description d'un cadran disque		Robic J	75
Cadrans CDroms		Robic J	78
Eilleton, tache lumière, méridienne		Savoie D	87
Sociétés gnomoniques du monde		Sauvageot Ph	94
Cadran de Saint-Priest		Vilaplana E/ <i>Gagnaire P</i>	99
Informations diverses		Ansel JM, Benoit D,	103
Informations diverses (suite)		Collin D, Ferreira A, Gojat P,	108
dont: "Horloges solaires", "Devises du Tarn", "Cadrans solaires bifilaires à fils rectilignes"	 	Opizzo Y, Robic J.	

Version numérique 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 la version CDROM: dossier "annexe".

Nouvelle Couverture de "Cadran Info" (création de P. Gojat)

Cadran solaire de la SAF ornant l'entrée de l'observatoire de Camille Flammarion à Juvisy (Essonne): photographié le 8 juin 2004 à 11 h 01 heure légale, (jour du passage de Vénus devant le soleil).

La composition générale est un hommage au fondateur de notre société, promoteur de l'astronomie populaire et amateur de gnomonique (1842-1925). Un encart figure une représentation anthropomorphique du Soleil et de la Lune. Elle provient d'un ancien traité d'astronomie symbolisant la richesse culturelle, historique et symbolique des activités gnomoniques.

Caractéristique du cadran: vertical méridional déclinant ($6^{\circ}57'$), latitude $48^{\circ}41'37''$ N, longitude $4^{\circ}22'15''$ E.
Date de construction: 1910, restauration en 1998.

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 du N°11, les logiciels ou certains documents présentés 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, République Tchèque, 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 leurs envois.
- ◆ 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

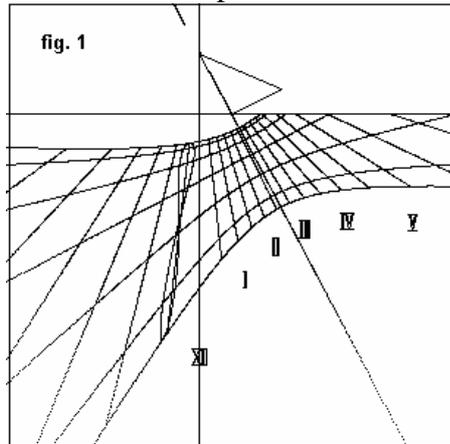


Logiciel CARTESIUS

Par Riccardo Anselmi

Présenté par A. Riccardo lors de notre réunion d'octobre 2005, "Cartesius" vient compléter notre "boîte à outils gnomonique". Les caractéristiques et possibilités du logiciel sont présentées dans cet article.

Cartesius 2006 est un logiciel étudié spécialement pour les gnomonistes aimant la théorie et l'expérimentation des différentes possibilités offertes par les mathématiques dans la réalisation d'un cadran solaire. Il permet de tracer un cadran par les méthodes suivantes: géométrie analytique à deux dimensions, géométrie analytique à trois dimensions, méthode projective, trigonométrie sphérique, discipline qui est utilisée de façon prédominante, calcul vectoriel.



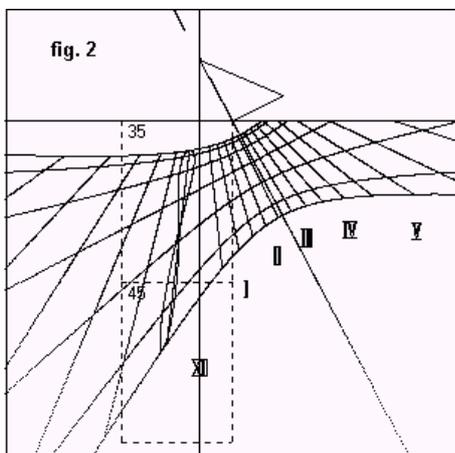
En considérant seulement les cadrans plans, Cartesius propose un vaste choix de méthodes:

- 1) Verticaux: tracé léger
- 2) Cadrans inclinés déclivants : méthode 3 D.
- 3) Cadrans inclinés déclivants : I° méthode projective
- 4) Cadrans inclinés déclivants : II° méthode projective
- 5) Verticaux: méthode 2D
- 6) Verticaux: trigonométrie sphérique
- 7) Cadrans inclinés déclivants: trigonométrie sphérique

De plus il y a un cas concernant un cadran cylindrique à section circulaire qui est réalisé par l'usage d'un plan tangent qui roule sur la surface du cylindre.

On peut obtenir le graphisme par le programme 6 qui se présente déjà cliqué quand on accède au panneau montrant la liste des possibilités pour les cadrans plans.

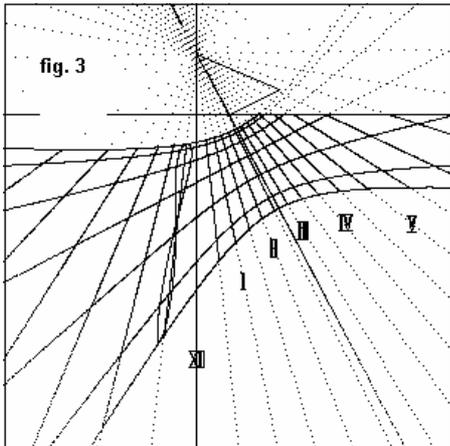
Cette méthode utilise la trigonométrie sphérique et donne une image des parties utiles du cadran car il élimine toutes les lignes qui ne sont pas touchées par la pointe de l'ombre du style. La figure 1 montre un cadran vertical tracé de cette façon. Ce sont les coordonnées géographiques de la ville de Nice: latitude $43^{\circ} 42'$, longitude $-7^{\circ} 15'$, déclinaison -20° qui concernent le cadran examiné. La longueur du style droit est 0.1 mètre. On peut voir le cadran avec les lignes diurnes référées aux suivantes déclinaisons du soleil : ± 23.45 , ± 20 , ± 11.5 , 0. Le graphisme montre aussi le triangle du style rabattu, composé du style droit, du style polaire et d'un trait de la sous-styloire. La courbe en huit donne les heures 12 du temps civil.



La dimension des chiffres romains (ou par choix des chiffres arabes), peut être modifiée; la position des chiffres peut être déplacée en suivant une ligne optionnelle de déclinaison. Cette ligne qui n'apparaît pas quand on montre les chiffres des heures, devient visible et peut être utilisée pour déterminer une date particulière sur le cadran. Ou encore elle peut devenir très utile pendant la réalisation d'un cadran solaire pour vérifier la précision du cadran avec le soleil. En cliquant sur l'écran et en positionnant la flèche sur une ou plusieurs parties du graphisme, on peut imprimer les aires sélectionnées en échelle 1 : 1. Cette fonction est très commode quand on veut se servir d'un collage de plusieurs feuilles pour tracer sur le mur ou, sur autre surface, les lignes

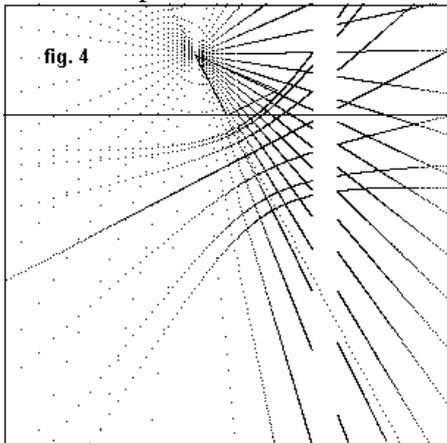
caractéristiques du cadran.

En figure 2 la zone 35 et la 45 comprennent la totalité de la courbe en huit qui devient très facile à tracer. Quand on souhaite imprimer une voix demande si on désire le graphisme complet en échelle 1 :10 ou l'impression des zones 35 et 45 en échelle 1 :1.



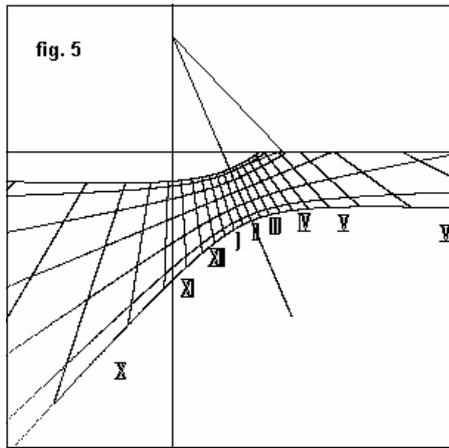
La figure 3 montre le même cadran obtenu par superposition de deux graphismes : celui dessiné en se servant du programme 6 et l'autre par le programme 1. Ce dernier permet de tracer un cadran léger avec toutes les lignes même de celles qui ne sont pas touchées par la pointe de l'ombre du style. On ne peut pas nier l'utilité du programme 1 qui consent de déterminer avec précision la direction de la position des chiffres des heures ou, dans le cas on fasse un cadran seulement composé par des lignes horaires, d'avoir prêt le prolongement des mêmes. Le discours est valable même si on désire prolonger les lignes diurnes pour des raisons décoratives. Ces outils de Cartesius 2006 sont nécessaires et très commodes pendant la réalisation d'un cadran solaire.

Tout de suite, en figure 4, on montre la réalisation du même cadran en utilisant la méthode projective qui n'offre aucun avantage pratique mais qui a le mérite de présenter une solution intéressante sous le profil théorique. On y propose une des deux méthodes projectives qu'on peut sélectionner sur l'affichage des *Types de cadrans*. On peut noter la différente distribution des points qui forment l'image. Leur densité varie, elle est majeure près de la zone verticale où il n'y a pas de tracé sinon plus loin de cette zone. La raison de cette apparente anomalie dépend de la méthode.

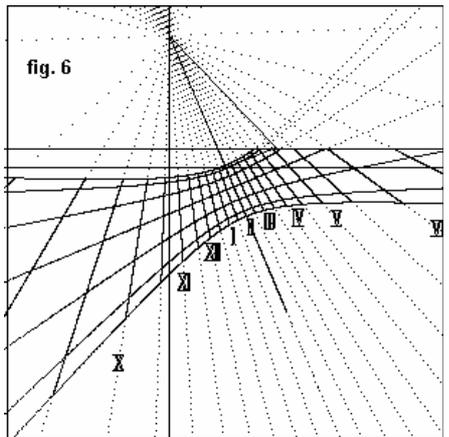


On a pris un cadran vertical exactement tourné au Sud et on a projeté le même sur une autre surface plane orientée selon la déclinaison de 20° vers l'Ouest de la pointe du même style. Et bien il est absolument normal que les points projetés deviennent plus nombreux en coïncidence de l'heure 6, parce que la perspective les présente plus proches et plus alignés au moment où le rayon projecteur tend à rattraper la position de parallélisme à l'égard du cadran d'origine. La partie du graphisme, à gauche de la bande vide et à droite de la ligne du midi, a été engendrée par la partie droite du cadran générateur, les autres parties ont été engendrées par la partie à gauche du cadran générateur. Il est pratiquement impossible d'éliminer la bande vide. On peut la réduire au détriment de la

vitesse d'exécution. L'autre programme qui utilise la méthode projective présente un cadran déclinant comme cadran générateur et un cadran orienté vers le sud comme cadran récepteur. La position de la bande vide est différente. Pour les deux interprétations de la méthode projective la bande vide devient un secteur angulaire quand le cadran est incliné et déclinant. Le programme 2 utilise la géométrie analytique tridimensionnelle. En particulier il donne la possibilité d'utiliser ou la variable x ou la y comme variable indépendante lorsque on tient la z comme variable dépendante. Cette caractéristique permet de se servir d'une des deux variables selon l'intérêt. Les programmes 2, 3, 4, et 7 sont capables d'engendrer des cadrans déclinants inclinés. Les programmes 2, 5, 6 et 7 peuvent travailler avec les latitudes australes. Après avoir obtenu le graphisme du cadran on peut cliquer sur *Données*, un petit pousoir qui fournit immédiatement les résultats numériques de quelques données caractéristiques du cadran. Il est possible de lire les valeurs de l'élévation du style, l'angle tabulaire, les excentricités des courbes diurnes, les données d'un cadran horizontal équivalent et celles d'un cadran vertical équivalent au cadran plan déclinant et, éventuellement, incliné.

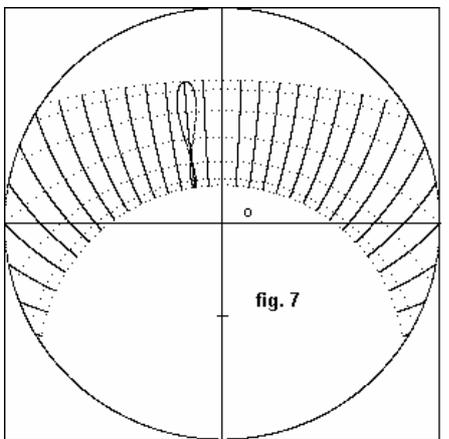


Ce dernier cadran présente le même angle tabulaire dont la caractéristique qui peut être représentée sur l'écran de façon qu'on puisse vérifier directement la superposition du cadran déclinant incliné avec le cadran vertical équivalent. Sous le profil théorique rien de nouveau, mais, sous le profil pratique, on dispose d'un cadran d'utilisation immédiate sans la préoccupation de le tourner pour son application. Le cadran vertical se trouve à une autre latitude et à une autre longitude. Pour avoir une parfaite équivalence on doit corriger en longitude ce cadran. L'ordinateur, en utilisant Cartesius 2006, fournit la valeur de cette correction qu'on va appliquer avec la nouvelle latitude et déclinaison.

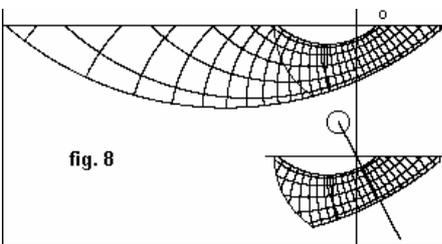


Si on introduit la latitude de Nice, la même déclinaison gnomonique de 20° et une inclinaison de 70° , on obtient les données suivantes qui concernent le cadran vertical : latitude égale à 59.69° , longitude -19.81° , déclinaison 45.75° . Choisissez le programme 1 et sans effacer le graphisme introduisez les données du cadran vertical. Ensuite sélectionnez le fuseau horaire de Greenwich et cliquez sur *heure vraie du fuseau* avant d'exécuter.

Le nouveau graphisme se superposera de manière parfaite au graphisme préexistant. On a ainsi vérifié la parfaite équivalence des deux cadrans. A cause de la différence de latitude on ne peut pas appliquer ce principe aux heures italiques, babyloniennes et temporaires.



La figure 6 montre les deux graphismes superposés. On peut remarquer que l'unique différence entre les deux cadrans est due aux diverses lignes de l'horizon. Les données fournies en cliquant *Données* comprennent aussi les heures extrêmes du fonctionnement du cadran qu'on peut de la même façon visualiser avec Diagramme. Le panneau suivant concerne deux cadrans en projection stéréographique et le Diagramme. L'image 7 montre un cadran horizontal d'azimut complet de toutes les lignes diurnes et de courbe en huit. Plus intéressant est le cas du cadran vertical d'azimut déclinant qu'on voit à l'image 8. On peut noter un arc de cercle qui représente la ligne des heures extrêmes.



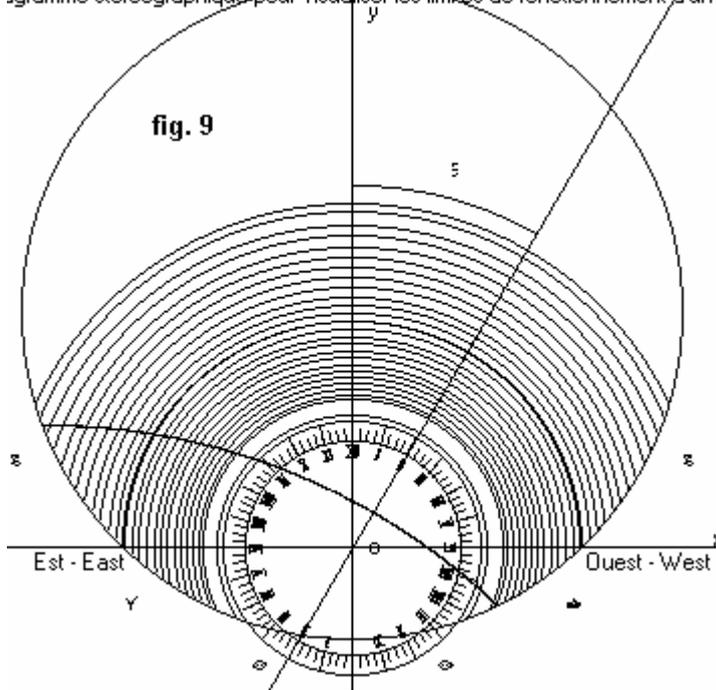
Cet arc est l'horizon du cadran horizontal équivalent. Les heures à l'extérieur du cercle ne fonctionnent pas et peuvent être supprimées en dé cliquant F, avant d'*Exécuter*. L'usage du cadran est limité par deux lignes d'horizon : celle du cadran horizontal équivalent et sa propre ligne d'horizon représentée par la droite horizontale. Cartesius 2006 offre encore Diagramme, un intéressant outil qui visualise les

heures extrêmes d'un cadran plan indépendamment de la déclinaison et de l'inclinaison. La prochaine image montre le graphisme engendré par Diagramme où on peut contrôler avec une bonne approximation les particularités d'un tel cadran. On examine le cas du cadran de Nice incliné de 70° .

Le grand cercle est l'horizon. Les nombreux arcs représentent les lignes de déclinaison du soleil. La ligne des y est la direction nord-sud. L'angle s est l'angle horaire entre la ligne nord - sud

et la sous-stylerie. L'arc de cercle qui traverse le graphisme est la direction du mur ou du plan du cadran. L'heure la plus précoce où le soleil éclaire le plan se vérifie quand la déclinaison du soleil est environ -21.2° à 7 h et 30'. L'heure la plus tardive quand la déclinaison est à peu près 21.2° à 19h et 30'. C'est le cas de l'heure extrême qui coïncide avec l'heure horizontale. Le prochain affichage est dédié aux cadrans cylindriques qu'on peut réaliser par un des programmes suivants:

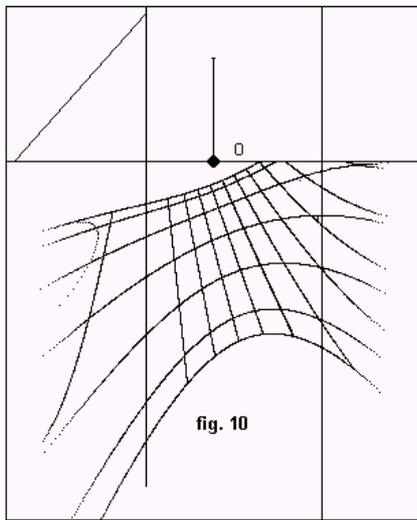
graphisme stéréographique pour visualiser les limites de fonctionnement d'un (



- Méthode paramétrique 8) à section circulaire ;
- Méthode tridimensionnelle 9) à section circulaire ;
- 10) à section parabolique ;
- Méthode projective 11) à section circulaire ;
- Trigonométrie sphérique et calcul vectoriel 12) à section circulaire.

L'image 10 montre un cadran convexe engendré par le programme 12 avec les coordonnées de Paris. On note les lignes zodiacales, les heures astronomiques qui indiquent le temps vrai local, une petite zone de la courbe en huit, en outre le style droit et sur la gauche le style polaire. Sur la figure 11 la section qui met en évidence la position du style droit, celle du style polaire et la déclinaison gnomonique.

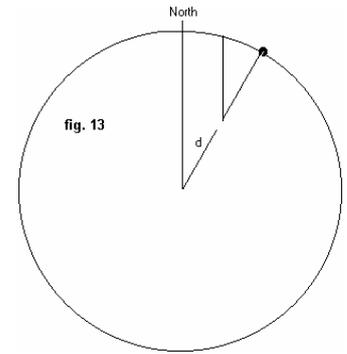
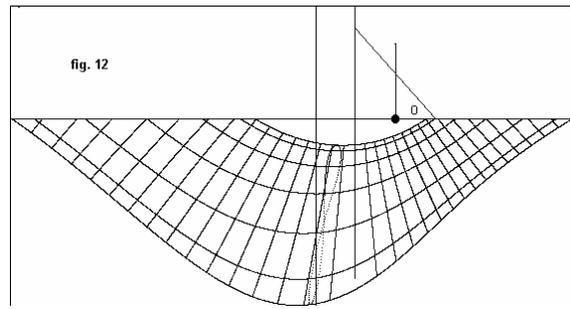
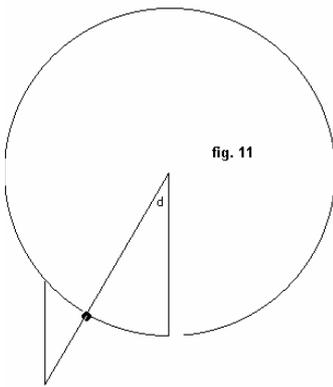
L'image 12 concerne le cadran concave



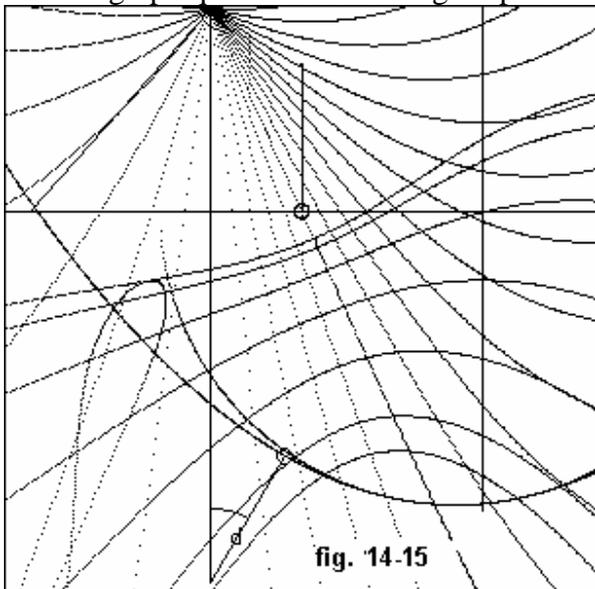
obtenu par le programme 12 qui utilise la trigonométrie sphérique.

Le développement du cylindre, dans sa partie concave, fournit un cadran qui fonctionne plus longtemps que son homologue convexe. Encore l'image d'une section relative à ce dernier cadran cylindrique concave. Les autres programmes optionnels donnent le graphisme d'un cadran cylindrique en suivant une logique mathématique différente. Une autre intéressante occasion d'étudier un cas théorique est celle du cadran à section parabolique calculé par la géométrie analytique tridimensionnelle. On a considéré le cylindre d'équation $y = x * x / (2 * R) - \text{Tan}(d) * x$: R est le rayon du cercle osculateur dans le sommet. Successivement on a calculé ses intersections avec les plans des heures qui roulent autour du style polaire. Les lignes diurnes ont été déterminées

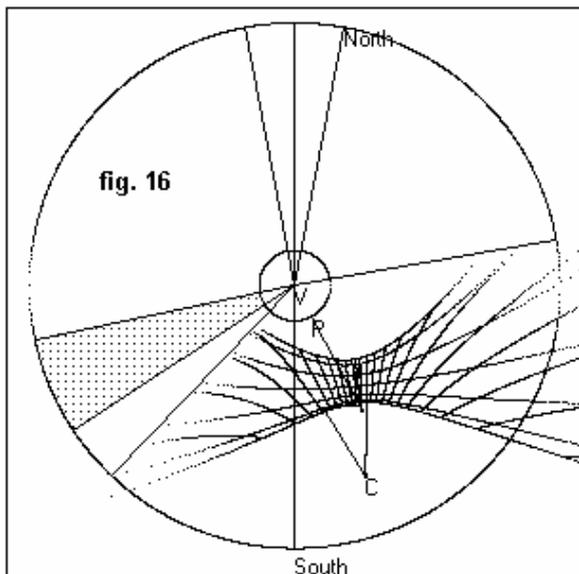
par l'intersection du cylindre avec le cône qui sort de la pointe du style. On a aussi utilisé un intégrale pour le calcul de la longueur de l'arc parabolique. Le programme 10, quand on clique sur *Données*, fournit aussi les déclinaisons des plans tangents au cylindre de façon qu'on puisse déduire les heures extrêmes du cadran cylindrique convexe. La section du cadran peut être visualisée en utilisant la fonction spéciale du menu. Le choix du rayon du cercle osculateur a été fait pour évaluer, plus facilement, la dimension de la parabole. Les images 14 et 15 se réfèrent au cas convexe. On reconnaît le cercle osculateur, le style droit, le style polaire, l'angle ($d = 30$) qui détermine la déclinaison gnomonique. Le graphisme du cadran et celui de la section ont été alignés selon la droite méridienne. Cartesius 2006 a traité le cas plus complexe des cadrans coniques à section circulaire. Les instruments mathématiques utilisés sont, d'une partie le calcul vectoriel, et de l'autre, la trigonométrie sphérique.

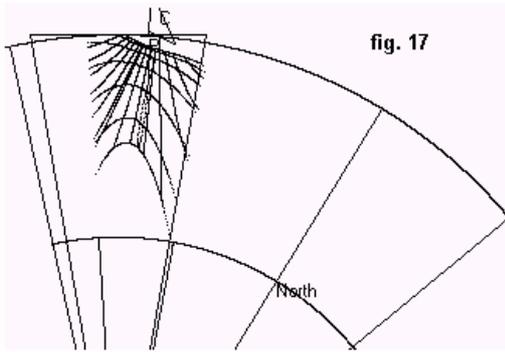


On y propose trois cas : cadran sur une surface convexe avec le sommet en haut, cadran conique convexe avec le sommet en bas et cadran conique concave (sommet en bas). Le premier cas a été aussi résolu par la géométrie analytique tridimensionnelle. Cette voie, très intéressante sous le profil théorique, ne peut pas rivaliser avec celle du calcul vectoriel parce que ce dernier fournit des résultats graphiques dénués des lignes parasites. Malgré cette apparente infériorité je la propose en



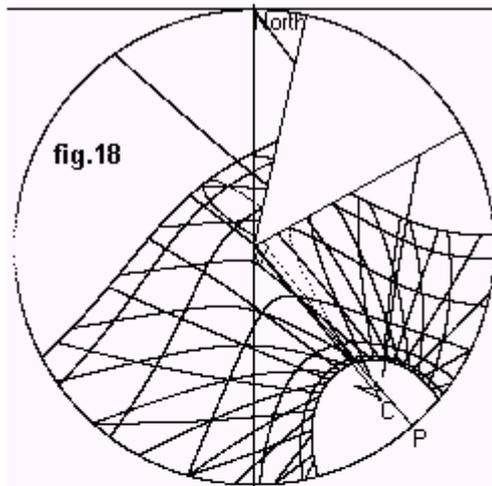
tant qu'information divulgatrice. Elle n'offre pas la possibilité de tracer la courbe en huit et les heures temporaires. Cartesius 2006 exploite la propriété des cônes d'être développés sur une surface plane. De cette façon le graphisme peut être imprimé sur des feuilles qu'on peut couper, en suivant le secteur vide, et les coller de façon qu'on obtienne un cône. L'image du cadran concave donne très bien cette idée. La figure 16 montre un cadran conique calculé pour la latitude et la longitude de Lyon. Le secteur à pois doit être éliminé, les deux côtés du restant graphisme doivent être collés pour obtenir le cône avec le cadran. La semi amplitude du cône est 70° . Le style droit, dans ce cas horizontal, est 0,3 mètres de longueur, le rayon du cercle de l'horizon 0,093 mètres, le rayon du cercle de base 0,69 mètres, l'échelle 1 :20. En cliquant *Données* on obtient les déclinaisons des deux plans limites tangents le cône : $d = 46.31^\circ$ et $d = -106.31$ d'où on peut déduire les heures extrêmes en utilisant Diagramme qui fournit deux valeurs qui sont à l'extérieur du cône, au dessous de la base. L'image 17 montre un cadran sur un cône renversé. On remarque aussi la section en bas qui met en évidence la position du style. Le même cercle est aussi utilisé pour évaluer l'amplitude du secteur utile. La partie à pois doit être enlevée. Le cône, une fois composé, doit apparaître sensiblement comme un cornet pour glace, ainsi qu'on peut voir sur la même figure qui montre un triangle aigu. Le Nord est indiqué sur le graphisme de façon qu'on soit capable d'orienter correctement le cône. Il y a encore deux lignes que l'écran montrera plus distinctement en couleur sombre et qui représentent les limites de



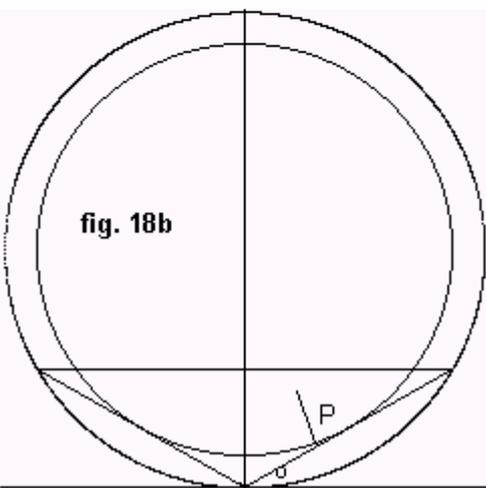


fonctionnement du cadran. La dernière image concernant les cadrans coniques est réservée aux cadrans concaves. On montre le cas d'un cadran qui pourrait être tracé à l'intérieur d'un entonnoir. On indique les coordonnées de référence : latitude $45^{\circ} 45'$, longitude $- 4^{\circ} 51'$, $d = 160^{\circ}$, semi amplitude 60° , rayon de l'horizon = 0,6 mètres, style droit = 0,16 mètres. Le cadran est doté de lignes astronomiques, italiennes et de courbe en huit. La partie en haut est constituée par le graphisme du cadran où est facilement visible le secteur qui doit être éliminé

pour consentir le collage. On peut aussi voir, malgré la petite dimension de la figure, la position du style droit, sortant du pied P, qu'on retrouve aussi dans la partie en bas où il est plus facilement visible, qui représente la section incomplète du cadran selon un plan horizontal. Au dessous de cette tranche de cercle on a la vue latérale de l'entonnoir qui montre, en bas, un angle de 120° . Sur certains programmes, Cartesius 2006 est capable de tracer aussi la ligne de la Qibla, de l'Azr, des Almicantarats et des Azimut. Par le programme 6 il est possible de décorer la courbe en Huit avec



des symboles zodiacaux. La dimension des chiffres et des symboles est réglable. Il est possible de sauver le fichier. Un autre avantage est représenté par le tableau des outils auquel on accède en cliquant sur l'homonyme poussoir en haut. Les valeurs en degrés de la latitude et de la longitude peuvent être transformées en valeurs décimales et vice versa. Ces valeurs peuvent être déplacées à l'écran principal. Si on utilise les fonctions qui dépendent du temps, l'introduction du Temps Universel pour le calcul de la déclinaison gnomonique en fonction de l'azimut du soleil est obligatoire. L'explication de l'application de cette méthode est contenue dans la page qui fournit une série d'images, assez facile à comprendre. Ce tableau aussi fournit les valeurs de l'azimut du soleil, la déclinaison du cadran, l'équation du temps, la latitude, la longitude, la longitude du méridien correspondant au fuseau considéré, la valeur de la longitude en heures, minutes et secondes, l'heure du cadran solaire, l'heure du midi, l'angle horaire correspondant à l'heure du cadran; plus en bas on remarque la hauteur du soleil et le Jour Julien (JD), l'arc diurne, l'heure du lever et du coucher du soleil. Il faut faire attention à la valeur du temps utilisée pour le calcul de la déclinaison du cadran. Cette valeur doit être toujours UT, c'est à dire le Temps Universel qui détermine aussi bien l'heure du cadran que la déclinaison lorsqu'on la calcule.



Bibliographie essentielle : Denis Savoie : La gnomonique, Les Belles Lettres, Paris 2001



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

Le logiciel Cartesius2006.exe vous permettant toutes les réalisations. Pour un transfert sur votre ordinateur, prendre le dossier dans son intégralité. Des exemples de graphisme réalisés par Cartesius2006.exe sont inclus.



Cadran de Montredon (tarn)

Par Didier Benoît

Le cadran de MONTREDON-LABESSONNIE, lieu dit La Raynalie est fiché sous le n° 8118203-1 de l'inventaire CSFC, mais il était peu documenté. La présentation ci-dessous permet de découvrir un magnifique cadran du XVII^{ème}.

Ensemble de trois cadrans horizontaux, gravés sur une ardoise de 65 cm de diamètre et 30 mm d'épaisseur. Le cadran a été acheté au début du siècle dernier chez un brocanteur de Calais dans le Nord où il servait de passerelle pour le passage de chariots. Il garde de ce temps de nombreuses séquelles. Aujourd'hui, la pierre d'ardoise est montée sur une petite table en fer forgé. Elle sert de meuble de salon.



L'auteur nous a laissé son nom (Pette exaranit ?) ainsi que la date de réalisation: 1660.

A l'origine le cadran était taillé dans une ardoise à laquelle on avait donné une forme octogonale. La pierre a été retaillée depuis pour l'insérer dans le châssis métallique d'une table, effaçant du même coup certaines inscriptions.

Sur le bord périphérique du cadran l'auteur a tracé deux octogones concentriques distants de deux centimètres, espace utilisé pour recevoir les chiffres romains du cadran horizontal et des inscriptions.

La plus grande surface est occupée par le cadran solaire horizontal. Celui ci

comprend des segments de lignes horaires partant du centre du cadran pour les lignes IV et VIII, et d'un petit croissant de lune (3cm) pour les autres. Les chiffres romains (IV, XII, VIII), sont axés sur le centre du cadran. Les lignes horaires sont coupées par les sept courbes usuelles de déclinaison, avec les signes du zodiaque s'y rapportant aux extrémités. Le style polaire métallique a disparu, il ne reste plus que les deux trous d'ancrage, un reste de scellement et un chancre de fer.

Au-dessus du cadran horizontal, côté Sud, entre les lignes horaires IV et VIII, dans l'espace laissé libre, l'auteur a gravé une composition florale et une longue devise (latine), hélas en partie effacée et amputée par un morceau de pierre manquant.

Au-dessous du cadran solaire horizontal, côté Nord, dans l'axe de la ligne de midi, un tableau rectangulaire est gravé. Il comporte 16 colonnes horizontales et 22 colonnes verticales.

- La première colonne verticale en partant de la gauche, la seule à ne pas être divisée par les 21 lignes horizontales, contient 7 dessins des principales phases de la Lune. En partant du haut vers le bas, nous avons : croissant – premier quartier – Lune gibbeuse – pleine Lune – Lune gibbeuse (au front délimité en forme de croissant) – dernier quartier – croissant.

- La deuxième colonne verticale comprend les jours du mois comptés de V à XXV en chiffres romains.

- La première colonne horizontale, en partant du haut, comprend les chiffres du mois comptés de I à XII en chiffres romains.



- L'espace entre ces deux dernières colonnes nous donne une table de correction de l'équation du temps pour chacun des jours et des mois donnés. Les chiffres arabes inscrits pour correction vont de 1 minute à 12 minutes, sans notion apparente de plus ou de moins. Les lignes horizontales n° 2, 7, 12 et 17 ont en plus sur la droite de chacun de leur chiffre, gravé en petit une fraction identique, respectivement dans l'ordre 3/4-4/4-7/6-9/9. (Je n'ai pas d'explication)

- La quinzième colonne verticale comprend les années pour lesquelles ces

corrections ont été établies : 1660 à 1680 en chiffres romains.

- La colonne verticale n° 16, à droite, porte en inscriptions pour chacune de ses divisions une ou deux lettres minuscules suivies d'un ou deux chiffres arabes : exemple pris sur les cinq dernières cases du bas, qui sont très lisibles: d 14 – e 25 – b 6 – a 1,7 – g/f 28 etc. L'en-tête est illisible. Je n'ai pas d'explication.

- Une devise (latine ?), très effacée, suit la courbe du solstice d'hiver du cadran solaire horizontal, et vient coiffer le tableau, en prenant la forme d'une toiture aux pentes symétriques.

- De part et d'autre du tableau, deux petits cadrans nous donnent les heures Italiques et Babyloniques comprises entre les deux arcs des solstices.



Cadran à gauche du tableau



Cadran situé à droite

Un cadran nous donne l'ombre du matin, l'autre celle de l'après midi. Les styles droits en fer ont été sectionnés au niveau du plan de l'ardoise, il reste deux moignons prisonniers de la pierre. Au-dessus du cadran de l'après midi et suivant la courbe du solstice d'hiver, il est inscrit en latin : Horiz(on). Bab.& Italiq; Limite de la vue des heures Babyloniques et Italiques.

La même inscription devait être écrite sur l'autre cadran.



Typologie par l'Image

Par Pierre Joseph Dallet

Cette classification est entièrement originale. Elle découle simplement du fait que pour un logiciel de dessin de cadrans, solution générale, aucune ambiguïté de dénominations n'est tolérable. D'autres parts tous les types de cadrans doivent pouvoir être solutionnés.

A quoi peut servir cette typologie hors de la programmation des ordinateurs?

A dénommer un type de cadran solaire, sans ambiguïté et sans devoir connaître l'un ou l'autre des noms qui ont pu lui être donnés historiquement ; elle permet aussi que cette dénomination soit comprise immédiatement par tout le monde. La dénomination obtenue n'exclut par les noms traditionnels des types de cadrans.

Définitions des termes utilisés pour la classification Solarium :

Il est indispensable de lire ces définitions pour comprendre dans quel sens ces mots sont utilisés.

Cadran solaire : Œuvre d'art qui nous procure des coordonnées du Soleil par une méthode scientifiquement démontrée et expérimentalement prouvée.

Classe : Forme géométrique spatiale du cadran. (Plan, cône, visage d'homme, etc.)

Ordre : L'ordre est une division de la classe. Une surface possède deux côtés. L'ordre sert à préciser lequel est utilisé. (Concavité = scaphé, convexité).

Famille : division de l'ordre.

Famille et le nom d'ensembles de cadrans. Les noms de famille n'impliquent aucune forme géométrique du cadran qui peut être plan, cylindrique, conique, sphérique ou d'une tout autre forme.

Les familles sont ici délimitées par :

La forme du style ou dispositif le remplaçant, sa position, son absence.

Le mode d'obtention des graphismes.

La forme du graphisme procurant le temps solaire vrai, et la manière de l'utiliser.

La liste des indications dont le cadran est apte à présenter les graphismes. Il existe trois catégories d'indications :

° Procurées par le cadran,

° A apporter par l'utilisateur, (date, hauteur...)

° Procurées par la combinaison de l'indication procurée par le cadran et de celle apportée par l'utilisateur.

Genre : division de la famille. Groupe de cadrans d'aspects analogues.

Type, division du genre. Groupe de cadrans ayant en commun le système d'épure ou l'algorithme de transformation d'une ou de deux coordonnées du Soleil en coordonnées cartésiennes x et y de points de graphismes.

Position : division du type. Dénomination de la déclinaison gnomonique et de l'inclinaison.

Paramètres : latitude géographique, longitude géographique, dimensions permettant de retrouver le tracé.

Liste des familles de cadrans utilisées pour la classification Solarium.

Famille n°1 : A styles polaires.

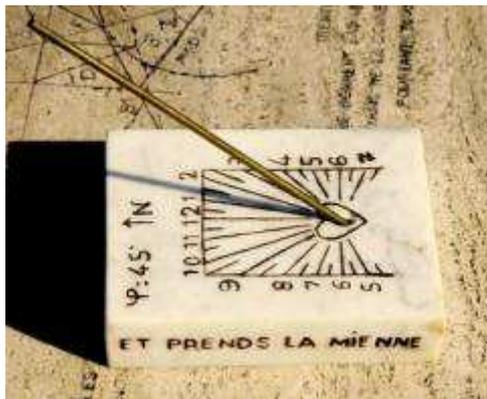
Famille n°2 : A styles ponctuels.

Famille n°3 : Bifilaires.

- Famille n°4 : Analemématiques, style rectiligne, mobile. Heure par points sur une ellipse.
Famille n°5 : Cadran astrolabiques. Mesure de la hauteur par une alidade.
Famille n°6 : Projection stéréographique, style rectiligne.
Famille n°7 : Chapeau filtrant, style à orienter vers le Soleil.
Famille n°8 : Indépendant de la latitude, style à orienter vers le Soleil.
Famille n°9 : Cadran portables, d'almicantarats, à orienter vers le Soleil, style à placer sur une échelle de dates.
Famille n°10 : Navicula : Indication de l'heure par un balancier, cadran à orienter, et à incliner.
Famille n°11 : Araignée d'azimut, style fixe, lignes d'heures vraies sinueuses.
Famille n°12 : A plusieurs styles qui déterminent des parties de plans horaires.
Famille n°13 : Cadran sans style, lecture par la limite ombre / lumière due à la courbure du cadran.
Famille n°14 : Alignements de styles sur un plan horizontal, selon les amplitudes du Soleil aux levers et couchers.
Famille n°15 : Pseudo cadran, abaque. Ils permettent, à partir de deux coordonnées du Soleil données, de jouer le rôle de cadran.
Famille n°16 : « Cadran inconnus, absurdes, et erronés ».

Caractéristiques des familles les plus courantes. Quelques illustrations.

A style polaire.



Famille n°1 : A styles polaires.

Liste des indications procurées :

Temps solaire vrai local.

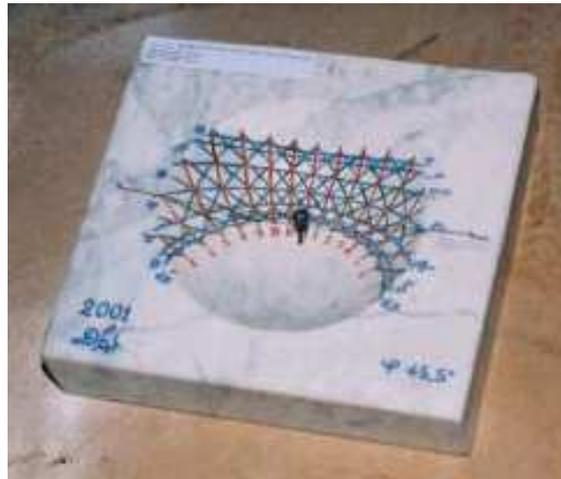
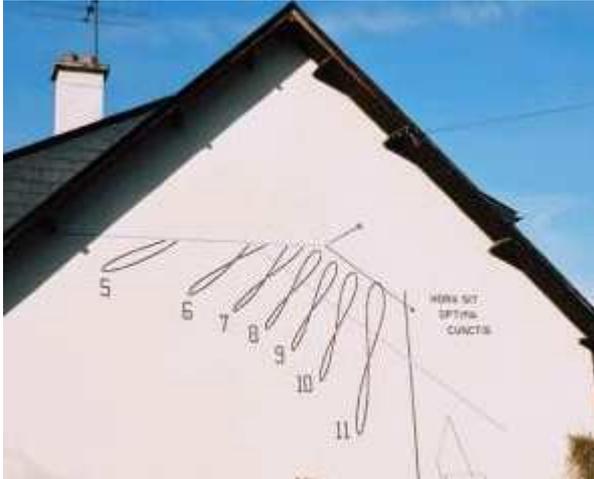
Calcul :

L'angle style/cadran et la rotation de la sous style se calculent comme pour un cadran à style ponctuel. Une transformation de coordonnées permet de calculer l'angle PGPD / ombre du style.

Forme du graphisme indiquant le temps solaire vrai :

Ligne couverte par l'ombre du style.

A styles ponctuels :



Famille n°2 : A styles ponctuels.

Style :

Ponctuel, point au centre d'un disque opaque, d'un œillette, d'une bille ; etc.

Calculs :

Points par points. H et δ ou h et Z transformées en GKS et YGK, hauteur et azimut sur cadran. Sur un cadran horizontal les coordonnées peuvent s'obtenir par la hauteur et l'azimut. Les angles rotation de la ligne sous-styloire, angle style / cadran s'obtiennent par les coordonnées du cadran horizontal équivalent.

Trois formules suffisent pour placer un point quelle que soit la position du cadran

$$GK = 1 / \tan(GKS)$$

$$X = \sin(YGK) GK$$

$$Y = (-\cos(YGK) GK)$$

Ce procédé résout les cadrans de ce type inclinés et déclinants, dans tous les cas.

Liste des indications procurées :

Liste complète.

Forme du graphisme indiquant le temps solaire vrai :

Courbe, droite si le cadran est plan, c'est le point d'ombre ou de lumière provenant du style qui permet la lecture.

Formulaire :

L'azimut se calcule par la formule :

$$\tan(A) = \cos(\delta) \sin(H) / [\sin(\varphi) \cos(\delta) \cos(H) - \cos(\varphi) \sin(\delta)]$$

Il faut utiliser la fonction arc-tangente à deux arguments, au besoin la créer.

L'angle h, hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, s'obtient par la formule :

$$\sin(h) = \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(H)$$

h se compte de -90° à $+90^\circ$. Si la hauteur est négative il est nuit.

On obtient YGK par la formule :

$$\tan(YGK) = [\cos(h) \sin(A - D)] / [\sin(Z) \sin(h) - \cos(Z) \cos(h) \cos(A - D)]$$

Il faut utiliser la fonction arc-tangente à deux arguments, au besoin la créer.

L'angle YGK est positif dans le sens anti-horloge, son origine est la ligne de la plus grande pente descendante.

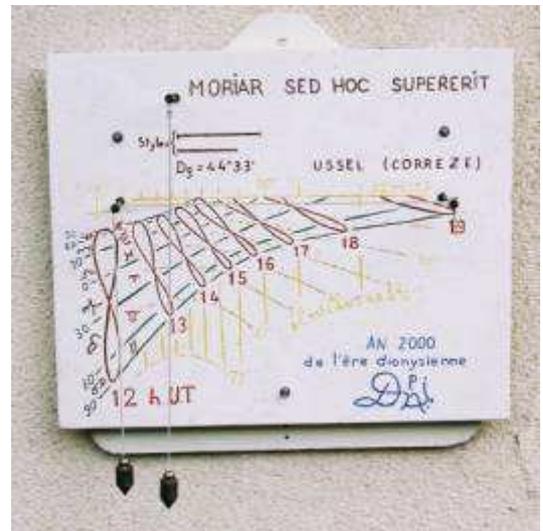
On obtient l'angle GKS par la formule :

$$\sin(GKS) = \cos(Z) \sin(h) + \sin(Z) \cos(h) \cos(A - D)$$

L'angle GKS se compte de -90° à $+90^\circ$. S'il est négatif le cadran est non-enseillé.

Démonstrations : voir cadran info N°9

Bifilaires :



Famille n°3 : Bifilaires,

Style :

Deux fils non en contact, lecture de l'heure à l'intersection de leurs ombres. Dans le cas le plus simple les fils sont orthogonaux et parallèles au plan du cadran.

Calculs :

Points par points. Données transformées H et δ ou h et Z. Plan vertical, un fil vertical l'autre horizontal les coordonnées des points proviennent de l'azimut et de la hauteur du Soleil.

Ce cadran peut se concevoir équiangulaire. Dans ce cas il peut être incliné et déclinant, mais il est alors calculable par son CHE, cadran horizontal équivalent.

Liste des indications procurées :

Liste complète.

Forme du graphisme indiquant le temps solaire vrai :

Courbe, c'est le point d'intersection des ombres des fils qui permet la lecture.

Analemme, style rectiligne, mobile, heure par points sur une ellipse.



Famille n°4 : Analemmatiques, style rectiligne, mobile, heure par points sur une ellipse.

Style :

Tige rectiligne, perpendiculaire au cadran dans le cas le plus simple. Le style est mobile par rapport aux points horaires. Il est possible que le style soit fixe par rapport au sol et que les points à utiliser soient déterminés par une ellipse mobile.

Calcul :

Les coordonnées des extrémités des lignes d'un cadran équatorial sont projetées parallèlement au style mobile, sur le plan du cadran. Données transformées H, l'angle horaire. L'échelle de date provient de la position inversée de l'ombre du bord du disque de l'équatorial sur son style polaire.

Type : Analemmatique simple, plan et horizontal .

Position du style :

$$X = 0$$

$$Y = \tan(D) * \cos(\text{Phi})$$

Position des points horaires

$$X = \sin(H)$$

$$Y = \cos(H) * \sin(\text{Phi})$$

Liste des indications procurées :

Aucune. Dans certains cas particulier (lecture par ellipse mobile) le cadran peut procurer l'azimut.

Indication à apporter :

La date, en plaçant le style sur une échelle de dates.

A la suite de l'apport de cette donnée.

Temps solaire vrai local. Il est possible de concevoir le cadran avec des axes de dimensions variables avec les dates. De cette façon il devient possible au cadran de procurer le temps moyen.

Forme du graphisme indiquant le temps solaire vrai :

Un point, recouvert par un point d'ombre du style. Les points sont alignés sur une ellipse.

Cadrans portables, d'alnicantarats, à orienter vers le Soleil, style à placer sur une échelle de dates.



Famille n°9 : Cadrans portables, d'alnicantarats, à orienter vers le Soleil, style à placer sur une échelle de dates.

Style :

Point à l'extrémité d'un style, coulissant sur une tige ou dans une fente.

Calcul :

Hauteur du Soleil, heure par heure, de 5 en 5 jours pour un an.

Liste des indications procurées :

Hauteur du Soleil.

Indication à apporter :

La date, par lignes dont les emplacements sont arbitrairement choisis.

A la suite de l'apport de cette donnée.

Le temps solaire vrai local, le temps moyen, heures italiques, babyloniennes, temporaires, primitives.

Forme du graphisme indiquant le temps solaire vrai :

Lignes sinueuses. Un point sur la ligne permet de lire l'heure, en fonction de la date.

Observations :

Inaptes en zones polaires. Particulièrement aptes pour produire les heures babyloniennes avant midi et italiques après midi.

Les cadrans à marches, les cadrans égyptiens sont probablement des cadrans de cette famille procurant des heures voisines des heures babyloniennes et italiques.

Dallet P. J. 09/12/2005



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

La présentation complète de « **Typologie par l'Image** » (53 pages), ainsi que **Typologie Solarium** et **Typologie Fondamentale** qui traitent le même sujet autrement que par des images et sont à "avoir sous la main".

Un cadran solaire "équatorial"...

peut-il être classé dans la typologie des cadrans "polaires" ?





Le cadran disque

Par Pierre Joseph Dallet

Pour réaliser ce cadran nous calculons pour toutes les heures et toutes les dates d'entrée en signe du calendrier zodiacal les hauteurs du Soleil et nous traçons depuis le style les ombres du style. Un bon format de ce cadran et la taille d'une médaille.

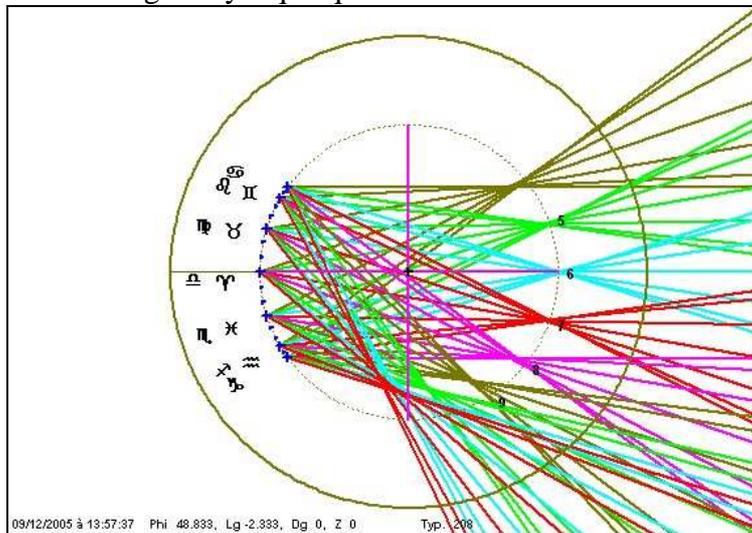
Le cadran disque tel que Solarium le produit est obligatoirement erroné mais si faiblement que l'utilisateur ne le perçoit pas. Si les lignes d'heures sont tracées pour une seule date du calendrier zodiacal il est exact pour cette date. Exemple de date : le solstice d'été. Les lignes d'heures sont des lignes couvertes par les ombres du style.

Si ensuite nous traçons les lignes d'heure pour une seconde date cette autre série de droites sera exacte aussi. Elles coupent les premières lignes en un point et ce point sera exact pour les deux dates.

Une troisième date ? Nous aurons deux points par heure.

C'est un cadran erroné que nous acceptons erroné. Il est correct de le tracer erroné, c'est paradoxal.

Pourquoi étudier ce cadran ? Parce qu'il semble qu'il a été produit en série et largement diffusé en Allemagne il y a quelques siècles.



Composition :

Un disque gravé et un anneau de suspension. (ou deux anneaux s'il est réversible)

Une aiguille, analogue à une alidade rotative, mobile autour du centre, porteuse d'un style perpendiculaire au cadran.

Particularité :

Les points dates sont placés selon des angles multiples de la déclinaison. Le coefficient se calcule.

Le cadran peut être conçu réversible haut / bas. Dans ce cas sa précision est de 5 minutes

Calculs

Les coordonnées des points dates.

Ces points peuvent être, dans le cas le plus simple des trous dans lesquels on plante les styles droits. Ils sont placés sur un arc des cercles ayant pour centre le centre de la médaille. L'angle « A » qui les porte se mesure à partir du rayon horizontal.

Cet angle « A » est un multiple de la déclinaison du Soleil à la date qu'il indique. Deux cas se présentent :

- Le constructeur souhaite que midi soit un seul point : Il choisit le coefficient 2. le point 6/18h n'est pas sur le cercle.
- Le constructeur choisit de placer le point 6/18h sur le cercle : le coefficient est à calculer. Midi est à des emplacements un peu variable avec les dates.

Exemple de calcul de ce coefficient : la latitude étant déterminée, nous choisissons :

L'angle horaire $H = 90^\circ$, la déclinaison $\delta = 16.3^\circ$

Calculons la hauteur h locale pour ces données.

Le coefficient « C » est obtenu par la formule simplifiée : $C = 2h / \delta$

Calculons maintenant l'angle A : $A = C\delta$

A l'aide d'un rapporteur et d'un compas nous pouvons déterminer les emplacements des points dates.

Pour toutes les heures, nous calculons les hauteurs du Soleil au-dessus de l'horizon. A partir de chaque point date nous traçons les lignes de hauteur. Elles forment avec des droites horizontales des angles égaux aux hauteurs du Soleil, les sommets de ces angles sont les points dates. Une règle et un rapporteur suffisent à la réalisation de ces tracés.

Augmenter la précision.

Il est possible d'améliorer grandement la précision de ce cadran en le concevant réversible. Il comporte alors deux points d'accrochage aux extrémités du diamètre vertical. Les lignes d'heures sont tracées de zéro à douze. Zéro sera porteur du nombre douze et tous les numéros d'heures du matin seront doublés de ceux de l'après midi.

Pour toutes les heures, nous ne calculerons les hauteurs du Soleil que pour deux dates Le solstice d'été et l'entrée en signe du calendrier zodiacal Taureau ou Gémeaux.

Nous n'obtenons qu'un point pour chaque heure

Si nous renversons le cadran le solstice d'été se retrouve en bas et devient le solstice d'hiver. Pour toutes les heures, calculons les hauteurs du Soleil que pour deux dates : le solstice d'hiver et l'entrée en signe du calendrier zodiacal Poissons ou Verseau.

Nous constatons que les points horaires ne changent pas de coordonnées.

Deux problèmes subsistent les numérotations des heures et les symboles du calendrier zodiacal.

Pour les heures : les numéros du matin deviennent ceux du soir et inversement.

Pour les symboles du calendrier zodiacal : Il existe une solution : les remplacer par leurs distances de l'équinoxe le plus proche : Taureau, Vierge, Poissons, Scorpion : 30; Gémeaux, Lion, Sagittaire, Verseau : 60; Cancer, Capricorne : 90. Ces distances sont en degrés de longitude écliptique, mais peuvent être estimées en jours.

Levers et couchers du Soleil sur ce cadran.

A ces instants le centre du Soleil est exactement à l'horizon. Donc ce sont les heures qui sont rencontrées sur une droite horizontale passant par le point date. Cette particularité permet de déterminer la latitude géographique d'origine d'un cadran de ce type, possédé par exemple par un collectionneur.



Cadran de Freeman

Par Jean François Echard

J.G. Freeman présente dans son article paru en 1978 (Astron. Soc. Can., vol. 72, No 2) un cadran original qui ne dépend pas du paramètre de latitude

Introduction :

Dans le triangle sphérique fondamental défini par trois points : le soleil :X, le zénith : Z, le pôle nord :P sont associés quatre angles :

L'altitude du soleil : h

La déclinaison (indiquant la date): δ

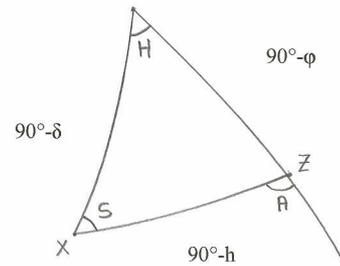
L'azimut du soleil : A

L'heure solaire : H

Soit ϕ le paramètre de latitude du lieu d'observation. Sur le triangle sphérique XZP :

Les angles sont en : Z : $180^\circ - A$; P : H; X : S

Les côtés sont : XP : $90^\circ - \delta$; PZ : $90^\circ - \phi$, XZ : $90^\circ - h$



Remarquons que tous les angles et côtés sont mesurables par l'observateur sauf l'angle S.

Un cadran solaire est un instrument qui permet de résoudre élégamment une équation du triangle sphérique. En particulier l'équation donnant l'heure H et aussi la date. Les relations de base du triangle sphérique sont les suivantes :

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

$$\sin \delta = \sin\phi \cdot \sinh - \cos\phi \cdot \cosh \cdot \cos A$$

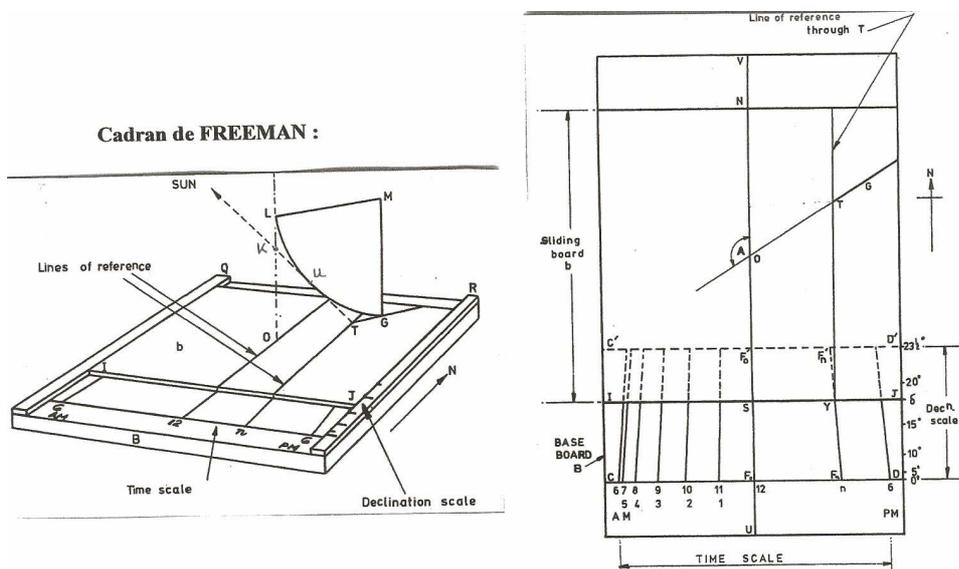
$$\text{tg } A = \sin H / (\sin\phi \cdot \cos H - \cos\phi \cdot \text{tg} \delta)$$

$$\sin A \cdot \cosh = \cos\delta \cdot \sin H$$

Dans tous les cas il suffit de trois paramètres sur quatre pour déterminer la variable recherchée, en particulier l'heure H.

Le paramètre de latitude figure dans les trois premières relations et non dans la quatrième. Un cadran solaire indépendant de la latitude du lieu va donc utiliser la quatrième relation.

Cadran de FREEMAN :



Le dessin général est à gauche (page précédente), le dessin technique à droite.

Principe de fonctionnement :

Le cadran est placé sur un plan horizontal et est orienté selon le méridien du lieu. La base où figurent les heures est tournée vers le sud.

Le gnomon tourne autour d'un pivot vertical de centre O et est orienté vers le soleil. Un rayon du soleil va être tangent au gnomon et l'ombre portée du gnomon correspond au segment de droite TG . Le prolongement de TG passe par O. La parallèle à l'axe de symétrie SON du cadran, passant par T coupe le bord inférieur du cadran en Y. L'angle TON en O correspond à l'azimut du soleil : $180^\circ - A$.

Le cadran peut être déplacé entre deux glissières sur le bâti horizontal. La droite TY rencontre une courbe Fn tracée sur le bâti. Cette courbe est représentative des heures H modulées par la déclinaison ou la date : δ .

La lecture de l'heure s'obtient en :

- Faisant glisser la cadran de façon que le bord sud coïncide avec la date (δ) tracée sur la glissière.
- Orientant le gnomon vers le soleil
- Déterminant l'intersection de la droite TY avec une courbe Fn

La courbe Fn sélectionnée indique l'heure H à la date donnée (δ).

Forme du gnomon et calcul de l'heure.

Forme du gnomon :

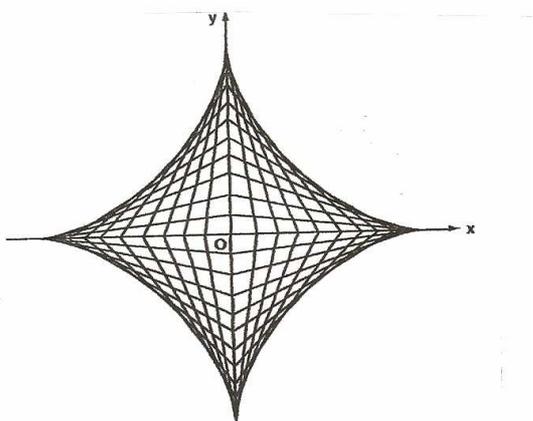
Le segment SY est égal à la projection de OT sur la base du cadran.

$$SY = OT \cdot \sin A$$

OT est la projection horizontale sur le cadran du segment de droite KUT compris entre l'axe vertical du gnomon (K) et le point d'impact (T) du rayon du soleil tangent au gnomon en U. La pente de ce segment de droite est égale à la hauteur du soleil : h. La longueur du segment KUT est r. $SY = r \cdot \cosh \cdot \sin A$

Afin de ne pas ajouter une variable supplémentaire il est nécessaire que r soit constant.

FREEMAN a recherché la courbe convexe telle que le segment de droite tangent à cette courbe et compris entre les deux axes de coordonnées soit constant. Cette courbe est classique, c'est une « astroïde » ou hypocycloïde à quatre rebroussements. Cette courbe est la seule correspondant à cette caractéristique géométrique. Le gnomon reprend une branche de cette courbe.



Equations :

$$\text{Cartésiennes : } x^{2/3} + y^{2/3} = r$$

$$\text{Paramétriques : } x = r \cdot \cos^3(t)$$

$$y = r \cdot \sin^3(t)$$

Calcul de l'heure :

En fonction de la quatrième relation trigonométrique : $\sin A \cdot \cosh = \cos \delta \cdot \sin H$, il découle : $SY = r \cdot \cosh \cdot \sin A = r \cdot \cos \delta \cdot \sin H$

SY permet de déterminer l'heure H, compte tenu de la déclinaison ou date : δ

Il suffit de tracer sur le bâti du cadran les courbes $F_n = r \cdot \cos \delta \cdot \sin H$

Les heures H sont définies par $H = 15^\circ \cdot (n-12)$; Les heures du matin sont à gauche de l'axe de symétrie du cadran, les heures de l'après-midi à droite.

Ex : 9h $H = -45^\circ$; 16h $H = +60^\circ$

Les dates ou déclinaisons sont orientées vers le bas du cadran (ou sud) pour $\delta > 0$. Aux équinoxes, $\cos(\delta) = 0$ et $F_n = r \cdot \sin H$.

Commentaires :

Le cadran de FREEMAN est le premier cadran universel indépendant de la latitude du lieu d'observation. Cette caractéristique est fondamentale et rend le cadran très original.

Sur le plan de l'observation pratique nous savons que la détermination du point d'impact du rayon du soleil tangent à une courbe ou plus généralement à une surface est peu précis ; En effet l'ombre propre du gnomon est mince car celui-ci doit être peu épais et ce segment d'ombre (GT) est environné de lumière.

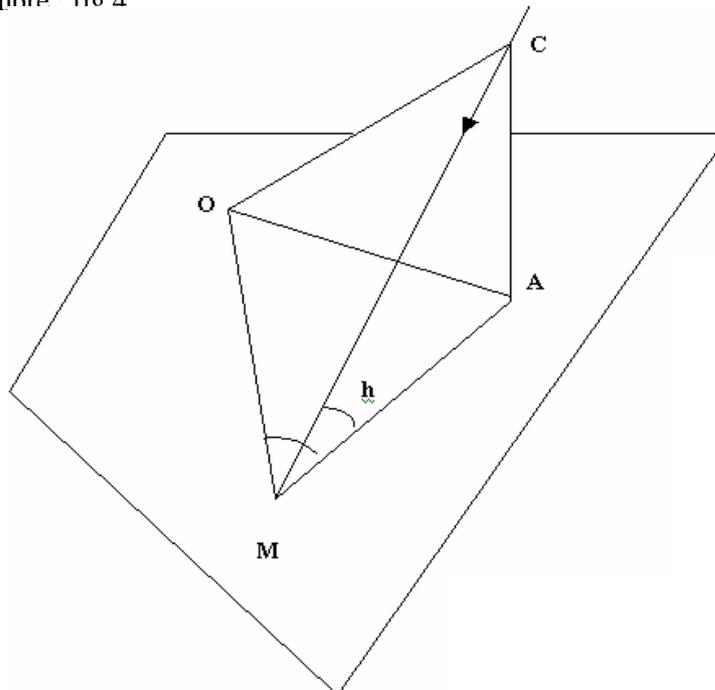
Le gnomon en forme d'astroïde et surtout le support vertical mobile en étrier qui ne doit pas perturber l'ombre propre du gnomon sont assez difficiles à réaliser en pratique.

Nous avons recherché à simplifier la forme du gnomon en gardant le concept de base du cadran de FREEMAN.

CADRAN SOLAIRE TRIANGULAIRE - indépendant de la latitude :

Forme du gnomon :

La forme du gnomon découle d'une relation géométrique simple entre un triangle rectangle isocèle vertical et son ombre : voir 4



Le triangle OAC est rectangle isocèle ($OA = AC$). Ce triangle est vertical .

Le rayon du soleil passant par C touche le plan horizontal en M.

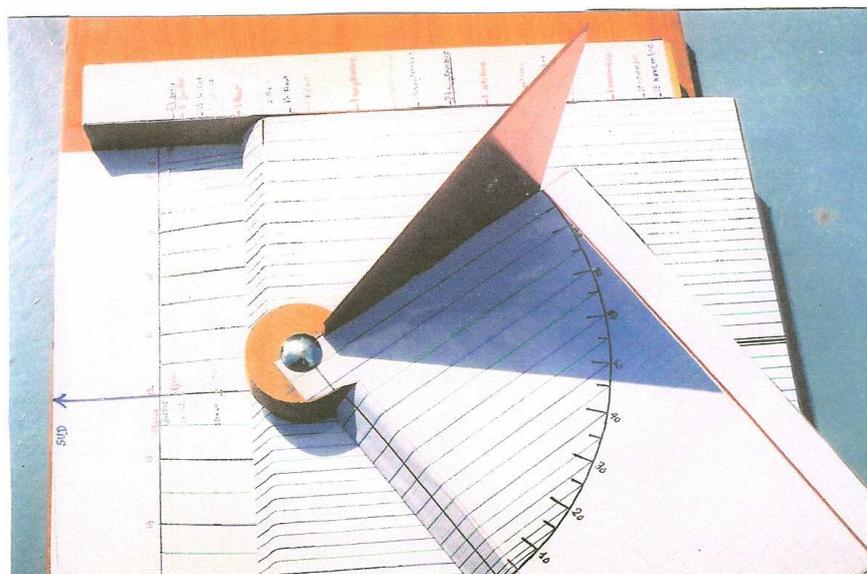
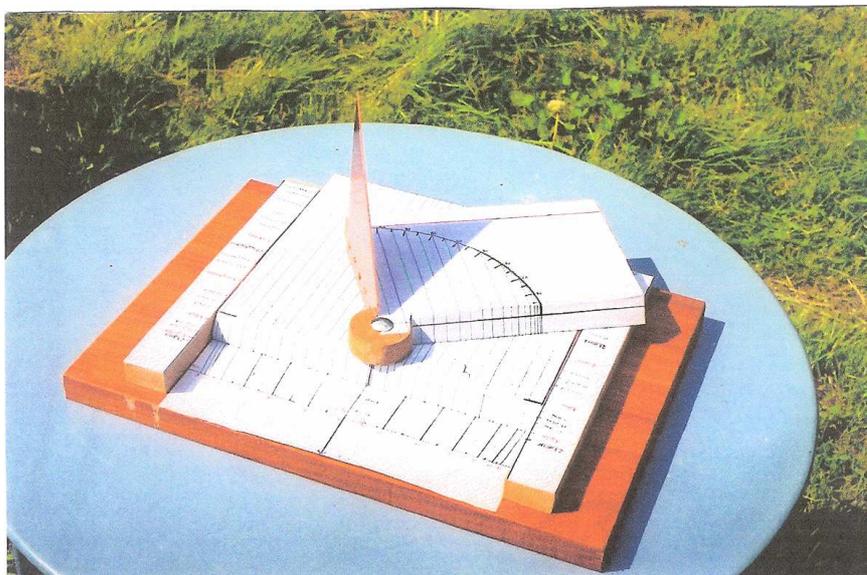
Si l'angle OAM est droit en A, les deux triangles CAM et OAM sont égaux : un côté commun et deux côtés égaux.

L'angle AMO en M et l'angle ACM en C sont égaux. Ce dernier est égal à la hauteur du soleil : h

L'angle OAM en M est égal à la hauteur du soleil : h On peut donc visualiser à plat la hauteur du soleil.

- On peut connaître (à titre d'information) la hauteur h du soleil en lisant la graduation de l'angle en N .
- On fait glisser le cadran sur la bâti pour obtenir la date du jour d'observation.
- On lit l'heure H sur le réseau de courbes F_n en prenant l'intersection de la droite PP' et d'une courbe F_n .

« Cadran Triangulaire »



Remarque : la maquette du cadran ci-dessus pourrait être réalisée avec des plaques de bois beaucoup moins épaisses ce qui éviterait d'avoir à prolonger les gravures de droite sur les épaisseurs pour faciliter la lecture de l'heure.

Bibliographie :

- « A latitude-independent sundial » by J.G. Freemann – Bradford, England : Journal of Royal Astronomical Society of Canada . Vol. 72, n°2, 1978.
- « Le gnomon astroïde de Freeman ». Jean Pakhomoff . Cadran-Info. SAF. Mai 2001
- « La Gnomonique ». Denis Savoie, Les Belles Lettres, Paris, 2001



L'heure de l'Eau de Vie

Par Enrico Del Favero, traduction d'Andrée Gotteland

Pendant le Congrès annuel de 2004 du Groupe de travail sur les cadrans solaires de la « Gnomonicae Societas Austriaca », (Union Astronomique Autrichienne), tenue à Oberperfuss dans le Tyrol, à peu de distance d'Innsbruck, les 23 et 24 septembre 2004, j'ai reçu en cadeau du Coordinateur de la GSA, Helmuth Sonderegger, un instrument astronomique particulier, inspiré d'une sorte d'eau de vie, appelé « Pregler »



Il s'agit d'une classique horloge solaire de hauteur ou de "Berger", tracée une bouteille en verre de 32 cm dont la partie cylindrique est de 20 cm de hauteur et de 4,5 cm de diamètre. Sur le col de la bouteille a été placé un gnomon horizontal, en fil de fer rigide de 6 cm de longueur qui peut tourner grace à sa partie en spirale, autour du col de la bouteille.

Le cadran présente quelques particularités liées, en grande partie, au fait qu'il a été tracé et réalisé pour indiquer, non l'heure vraie solaire locale, mais l'heure de la montre (le TMEC), et ce pour la ville d'Innsbruck, capitale du Tirol (latitude : 47,3° N, longitude : 11,5° E).

On a tenu compte des trois « corrections », nécessaires pour passer de l'heure solaire à celle de la montre, à savoir: la longitude, l'équation du temps et l'heure légale.

En conséquence, on perd, par exemple, la symétrie habituelle des courbes horaires, par rapport à la ligne verticale correspondant à la date où l'on vérifie la plus grande hauteur journalière du Soleil.

On peut aussi noter qu'elle a été reportée dans le cadre de la discontinuité d'une heure, en coïncidence des dates d'entrée et de sortie de l'heure légale d'été (dimanche suivant à l'équinoxe de printemps et dernier dimanche d'octobre de chaque année) et que les courbes horaires, par exemple, des 11 et des 13 ne sont pas représentées dans une seule ligne, comme cela se produit dans les horloges habituelles de hauteur, d'heure vraie locale, mais de deux lignes différentes.

Selon ce que dit Helmuth Sonderegger, la « Bouteille-cadran solaire » a été produite, jusqu'à présent en deux séries à tirage limité, mais on ne sait pas si et quand d'autres seront produites. Le réalisateur de la partie gnomonique de la bouteille est Heinrich Stocker, qui habite à Lienz dans le Tirol de l'Est.

Suivent les « Instructions pour l'utilisation du cadran » (ci-dessous), reportées sur un petit carton, enfilé sur le gnomon et traduites de l'allemand, avec un peu de liberté.

Der Inhalt: Pregler aus Osttirol

Die Sonne treibt nicht nur diese Sonnenuhr an, sie hat auch zum Reifen des Obstes beigetragen, aus dem dieser Pregler gebrannt ist. In diesem Fall sind es Äpfel und Birnen, die

Josef Mair
9991 Dölsach 191

gekonnt zu einem echten klaren Pregler mit 41 % Alkohol gebrannt hat. Pregler ist ein typisches Osttiroler Hausmittel, das erfolgreich bei kleinen Wehwechen eingesetzt wird. Zwar ist äußerliche Anwendung möglich, die besondere Wirkung ist aber nur bei einer innerlichen Anwendung zu erreichen.

Deshalb:

Wohl bekomme's!

**Auf den Spuren von Peter Anich
24. - 25. Sept. 2004 Oberperfuss**

Diese Sonnenuhr ist eine Zylindersonnenuhr, wie sie früher vielfach vom einfachen Volk verwendet wurde. Sie misst die Zeit nicht - wie bei Sonnenuhren üblich - am Lauf der Sonne von Ost nach West, sondern an der Höhe der Sonne über dem fiktiven Horizont. Damit spart man sich die sonst notwendige Ausrichtung der Uhr nach Süden mit einem Kompass. Getrieben wird die Uhr von einem gewaltigen Uhrwerk, es ist so groß, dass sogar das Licht von einem Ende zum anderen über eine Viertelstunde braucht!

Stellen oder halten Sie die Flasche genau senkrecht. Den Zeiger stellen Sie auf das aktuelle Datum. Nun drehen Sie die Flasche so in die Sonne, dass der Zeigerschatten senkrecht, parallel zu den Datumslinien, nach unten fällt. Die Schattenspitze zeigt nun die aktuelle Uhrzeit an der entsprechenden Linie, vormittags an der roten und nachmittags an der grünen Linie.

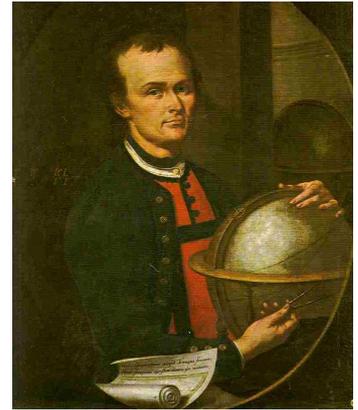
Das gilt genau genommen nur im Raum Innsbruck. Die Sonne steht in Innsbruck nämlich nicht exakt um 12 Uhr am höchsten Punkt, sondern gut 14 Minuten später. Ganz genau genommen muss man auch noch die sog. Zeitgleichung berücksichtigen. Beide Faktoren sind in der Skala bereits berücksichtigt, die Uhr zeigt Mitteleuropäische Zeit bzw. Sommerzeit an.

Nebenbei kann man auch die Sonnenauf- und Untergangszeiten ablesen, nämlich am Ende der Stundenlinien am oberen Rand. Wo die Stundenlinie auf das Datum trifft, ist die Höhe der Sonne Null, also Sonnenauf- bzw. -untergang.

Zu guter Letzt ist an der Datumsskala noch das aktuelle Tierkreiszeichen ablesbar.

Pour la chronique, Peter Anich (1723-1766), à qui a été dédié le « Congrès », est un astronome, topographe et gnomoniste, né justement à Oberperfuss (Fig. 4). On lui doit la première carte topographique du Tirol, et de nombreux cadrans solaires de la région, en particulier celui de 1759, rapporté sur les « Instructions » et placé sur l'église paroissiale de Natters.

Peter Anich ►



**INSTRUCTIONS POUR L'EMPLOI DU CADRAN
"SUR LES TRACES DE PETER ANICH
24-25 SEPTEMBRE 2004 – OBERPERFUSS"**

Cet instrument est une horloge solaire cylindrique, utilisé à l'époque paysanne. Il ne mesure pas le temps, comme le font souvent les horloges solaires, en suivant le parcours du Soleil d'Est en Ouest, mais en indiquant la hauteur du Soleil par rapport à l'horizon du lieu. Ainsi, est évité l'habituel et nécessaire orientation de l'horloge vers le Sud, avec une boussole. Il faut dire aussi que compte tenu de la précision de l'horloge, un quart d'heure est nécessaire pour passer d'une ligne verticale à une autre.

Positionnez ou tenez la bouteille bien verticale. Mettez le style sur la date du jour. Puis tournez la bouteille vers le Soleil de sorte que l'ombre du style soit parallèle à la ligne des dates. La pointe de l'ombre du style indique l'heure courante sur les lignes courbes correspondantes, le matin sur les rouges et l'après-midi sur les vertes. Ceci ne vaut qu'au voisinage d'Innsbruck. Le Soleil à Innsbruck ne rejoint pas la hauteur maximum exactement à 12 h, mais 14 minutes plus tard. De plus, pour opérer correctement, il faut aussi tenir compte de l'équation du temps.

Cette horloge moderne "de berger" tient compte des deux facteurs "équation du temps " et "longitude du lieu" et indique le temps moyen européen ("l'heure légale d'été", lorsqu'elle est en vigueur). De plus, on peut aussi lire les heures du lever et du coucher du Soleil, en correspondance avec la fin des lignes horaires sur le bord supérieur.

Là où les lignes horaires rencontrent la ligne des dates, la hauteur du Soleil est nulle et, par exemple, il arrive au lever du Soleil. Enfin, sur l'échelle des dates, on peut aussi lire le signe du zodiaque qui correspond aux dates.

Le contenu de la bouteille : La Pregler du Tirol de l'Est

Le Soleil ne fait pas seulement fonctionner cette horloge solaire, mais doit aussi porter à maturation le fruit, duquel cette « Pregler » est distillée. Dans ce cas, ce sont des pommes et des poires que : Josef Mair 9991 Dölsach 191 a distillé avec science, dans une pure et claire « Pregler » avec le 41% d'alcool.

La « Pregler » est un remède typique et habituel du Tyrol de l'Est qui trouve son usage dans le traitement des petites maladies. Certes, son usage externe est possible, mais un effet spécial s'ajoute avec un usage interne.



Ombre et pénombre

Par Gianni Ferrari, traduction d'Andrée Gotteland

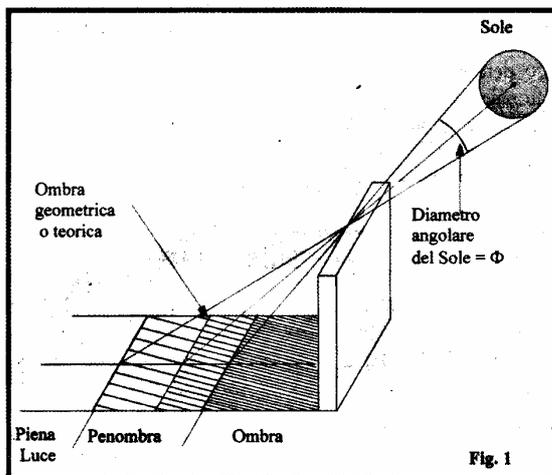
Quelques observations sur l'ombre et la pénombre d'un élément rectiligne.

Supposons qu'on ait un élément rectiligne qui, illuminé par le Soleil, projette sa propre ombre sur un plan qui se trouve à une certaine distance, par exemple, sur le plan horizontal et supposons, pour simplifier, que ce soit l'angle d'une paroi verticale ou celui d'un coin ou celui d'un grand gnomon saillant appartenant à une horloge solaire monumentale.

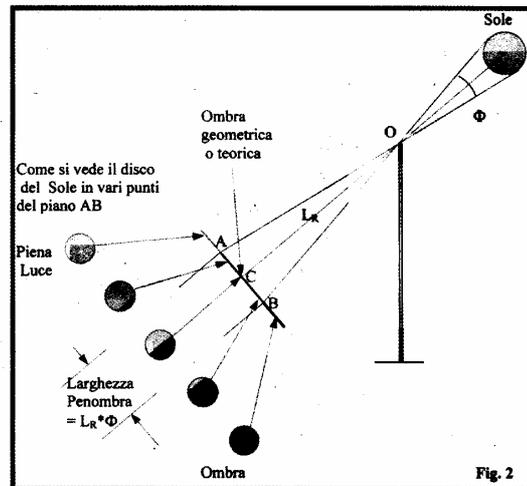
Si le Soleil avait un diamètre infinitésimale, c'est-à-dire qu'il soit réduit à un point, l'élément produirait seulement une ombre et il y aurait une nette ligne de séparation entre la zone de lumière et la zone qui n'est pas directement illuminée: j'appellerai cette ligne « ombre géométrique » ou « ombre théorique ».

À cause du diamètre fini du Soleil, au contraire, entre la partie du plan complètement illuminée et celle complètement dans l'ombre, on voit une zone de pénombre qui, en traversant cette zone illuminée, change graduellement (fig 1).

Dans le cas plus simple où le plan est perpendiculaire aux rayons du Soleil, la largeur de cette zone est donnée par : $L_R * \Phi_{rad}$ où L_R est la distance entre l'élément rectiligne et le plan et Φ l'angle en radian sous lequel on voit le disque solaire ($\Phi \cong 32' \cong 1/108 rad$ en moyenne).



▲ Sur la **figure 1** sont indiqués: le diamètre angulaire du soleil Φ , l'ombre géométrique et théorique et sur la surface horizontale: respectivement les zones de: Pleine Lumière/ Pénombre/ Ombre



▲ La **figure 2** montre comment est vu le soleil des points du plan AB. Avec respectivement: la Plein Lumière/ la Pénombre/ l'Ombre. La largeur de la zone de pénombre est $L_R * \Phi$

Puisque, par définition, une surface est dans la pénombre quand elle n'est illuminée que partiellement et que donc, d'un point de celle-ci, on ne voit qu'une partie du disque solaire, si nous pouvions mettre l'œil dans divers points de la zone de pénombre, nous pourrions voir le disque solaire caché, comme dans la figure 2.

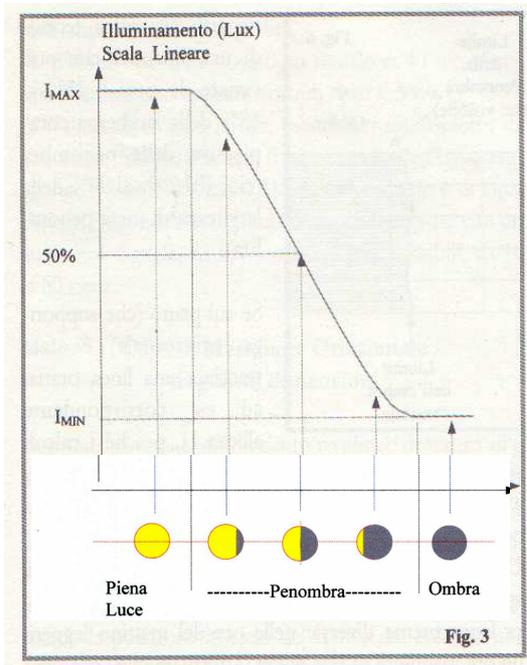
Au point C, centre de la pénombre et intersection de la ligne de l'ombre géométrique avec le plan, on pourrait voir exactement la moitié du disque solaire obscurcie.

L'intensité d'illumination de la zone de pénombre passe de la valeur maximale I_{\max} , qu'on obtient sur la zone du plan de pleine lumière à la valeur minimum I_{\min} qu'on a dans la zone de pleine ombre.

La valeur I_{\max} est due à la lumière qui provient directement du Soleil et dépend de sa hauteur sur l'horizon, d'un éventuel ciel voilé, de la présence de poussières et de vapeurs dans l'atmosphère, enfin de l'angle entre la normale au plan et la direction des rayons solaires : typiquement, les valeurs vont de 30000 à 80000 – 100000 lux..

Au contraire I_{\min} est l'illumination indirecte qui provient principalement de la lumière qui est diffusée par la partie libre du ciel visible de la zone du plan considérée, de la lumière réfléchie par les nuages et par les parois des éventuels édifices environnants, etc.

Sa valeur peut varier beaucoup, suivant que le ciel est plus ou moins voilé, suivant la situation atmosphérique momentanée (nuages), la présence de la végétation qui empêche une vision directe d'une partie de la voûte céleste ou enfin de la situation architectonique locale (parois des édifices voisins, caractéristiques de réflexion et de couleur de leur surface, etc...)



◀ La **figure 3** représente l'illumination en Lux, sur une **échelle linéaire**. On retrouve les zones de plein lumière, de pénombre et d'ombre.

Comme expliqué dans l'article le développement de l'illumination dans la zone de pénombre passe d'une valeur I_{\max} (zone en pleine lumière) à une valeur I_{\min} (zone en pleine ombre). Les valeurs I_{\max} et I_{\min} dépendent de beaucoup de facteurs, soit ambiants (ad es. Edifices voisins) soit atmosphériques et aussi de l'inclinaison et de la déclinaison de la surface illuminée. C'est pour cela qu'ils ne peuvent être notés.

Les valeurs de l'illumination dans les points de la pénombre dépendent certainement de la superficie du disque solaire visible de ces points.

La courbe de la Fig 3 est « qualitative » et non « quantitative et représente comment l'illumination change, pendant que nous nous

déplaçons de la lumière pleine à l'ombre pleine.

Le développement de la courbe est celui qu'on pourrait calculer selon ce qui est développé ci-dessus. Cette courbe pourrait être obtenue expérimentalement en utilisant un instrument qui mesurerait la lumière (photomètre).

Le point indiqué 50% est le point où l'illumination a une valeur de moitié entre I_{\max} et I_{\min} .

Les valeurs de I_{\min} varient, en général de 1/10 à 1/60 des valeurs de I_{\max} . La variation théorique de l'illumination dans la zone de la pénombre est représenté dans la figure 3.

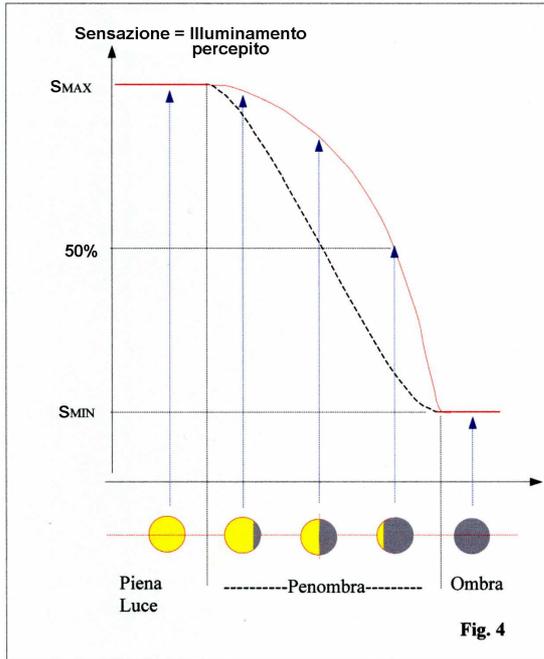
Où finit l'ombre ?

Le problème qui se présente maintenant est celui de déterminer où notre œil « voit » le bord de l'ombre, c'est-à-dire où « finit l'ombre ».

Selon la loi Fechner¹, la sensation produite par une cause externe sur un organe de sens (stimulation) est proportionnelle au logarithme de l'intensité de la stimulation qu'elle a produite.

¹ La loi de Weber-Fechner (≈ 1870) est une loi psychophysique approximative qui affirme que le degré de réponse d'un organe de sens, c'est-à-dire la sensation qu'elle produit, est proportionnelle au logarithme de l'intensité de la stimulation qui

En conséquence donc, si l'on regarde le long du trait de pénombre, notre oeil ne « voit » pas l'intensité lumineuse diminuer selon l'allure donnée dans la figure 3, mais selon une courbe du type de celle représentée dans la figure 4.



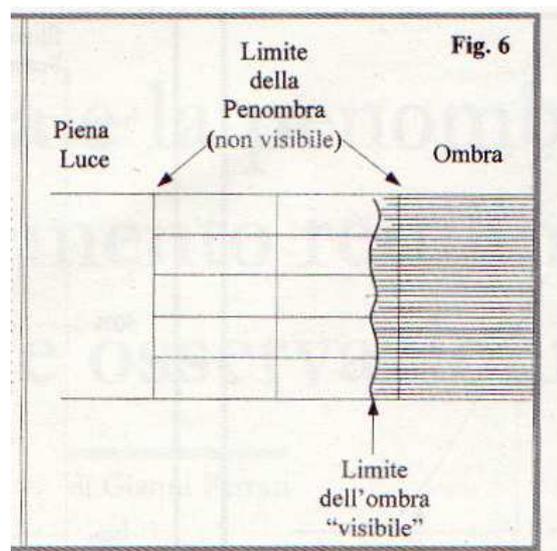
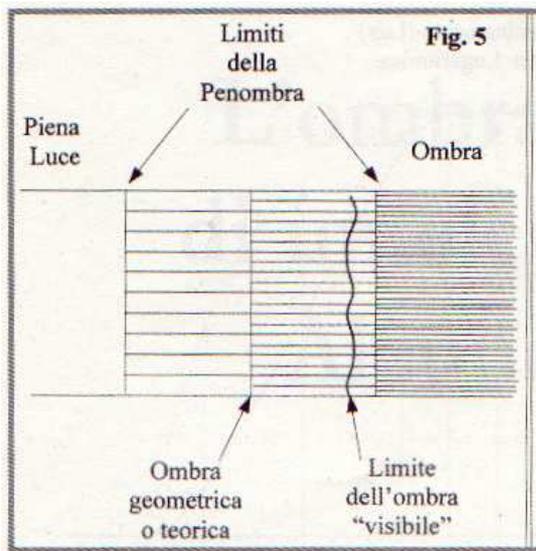
La figure 4 représente la sensation d'illumination perçu sur une échelle logarithmique (courbe rouge à droite). On retrouve les zones de pleine lumière, de pénombre et d'ombre.

Puisque, comme cela est dit dans le texte et dans la note, la sensation de notre œil est proportionnelle à la valeur du logarithme du stimulant et puisque le stimulant, pour notre œil est proportionnel à la valeur du logarithme du stimulant et puisque le stimulant pour notre œil est proportionnel à l'illumination de la zone que nous regardons, il arrive que la sensation que nous percevons est proportionnelle au logarithme des valeurs représentées dans la courbe de la Fig 3. Donc quand le disque est illuminé à moitié (le stimulant indiqué avec la valeur de 50%) la sensation est plus grande et presque égale à 70 % de l'intervalle entre la sensation maximum et celle minimum ($\log 5 = 0.7$ environ), etc...

En d'autres termes, on peut aussi dire que nous voyons le passage de la lumière à l'ombre, se produire plus brusquement que celui mesuré par un instrument photo-électrique et que de plus, nous percevons ce brusque changement dans une zone très proche du point où finit la pénombre.

Dans la figure 5, on a en évidence la limite « visible » de l'ombre qui se trouve, comme on l'a dit, plus proche de l'ombre que de la ligne d'ombre géométrique théorique.

Dans la figure 6, on a au contraire, cherché à représenter la zone de pénombre, comme elle « apparaît » à notre oeil : pratiquement la pénombre n'est presque pas visible et on perçoit une brusque variation de l'intensité lumineuse entre la zone de pleine lumière et celle d'ombre totale.



agit sur l'organe ou encore que la plus petite variation appréciable de la sensation est produite par un changement en pourcentage constant de la stimulation. Pour la vision (brillance d'une surface blanche), ce pourcentage est d'environ le 1.6% (1/60). Bien que cette loi soit approximative, et de nature statistique, elle a une grande importance pratique, en particulier en optique et acoustique.

▲ La **figure 5** (page précédente) nous donne les Limites de la pénombre, avec à gauche la Pleine Lumière et à droite l'Ombre ainsi que l'Ombre géométrique ou théorique indiquée en bas à gauche et la Limite de l'Ombre visible indiquée en bas à droite .

▲ La **figure 6** (page précédente) nous donne les Limites de la pénombre (non visible), avec à gauche la Pleine Lumière et à droite l'Ombre ainsi que la Limite de l'Ombre visible indiquée en bas à droite .

La courbe de la figure 4 représente la « sensation » (obtenu à partir de la « stimulation » de la figure 3) dépend beaucoup du rapport entre les illuminations maximum et minimum : si ce rapport augmente (et en particulier, si I_{\min} diminue), la forme à « genoux », s'élève, c'est-à-dire que la courbe reste quasiment horizontale sur une plus grande distance, pour ensuite diminuer brusquement.

Au contraire, si le rapport diminue (c'est-à-dire si I_{\min} augmente), la valeur de l'illumination tend à s'amortir et à se rapprocher de la courbe linéaire théorique (fig 7).

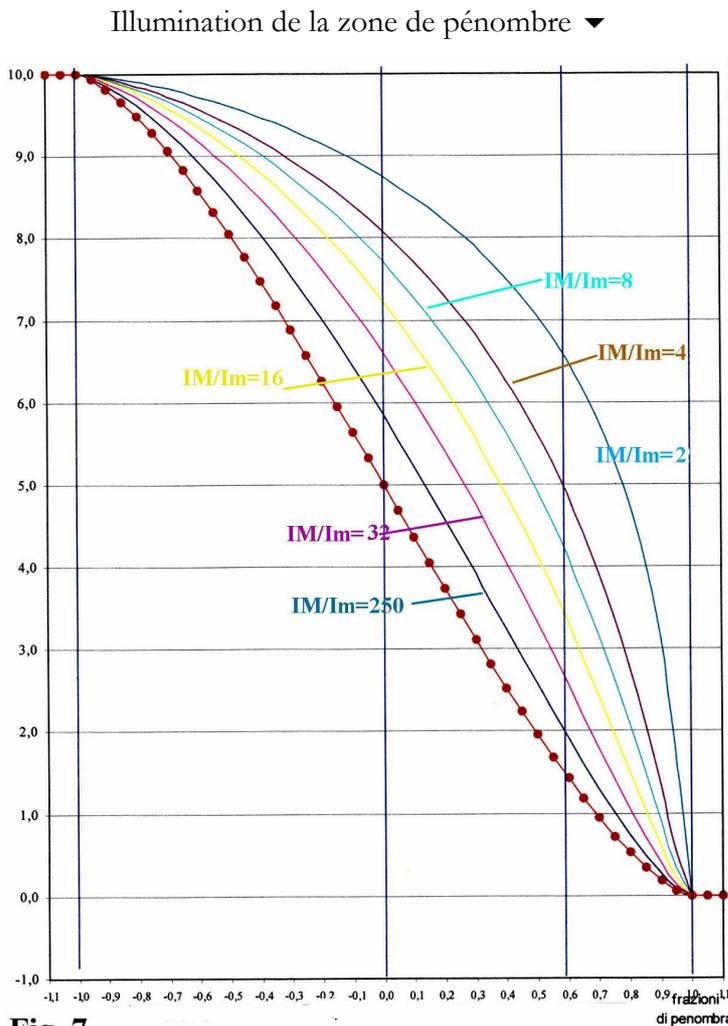


Fig. 7

Puisque la valeur de l'illumination minimum I_{\min} dépend beaucoup des conditions atmosphériques, il arrive qu'en présence d'obscurité ou de nuages blancs, sa valeur augmente (l'ombre est très illuminée) et donc les limites « visibles » de l'ombre se déplace, en s'éloignant de la zone obscure et en s'approchant de la ligne d'ombre géométrique.

Il se trouve que les limites « visibles » de l'ombre sont déplacées par rapport à la valeur théorique d'une quantité qui peut varier d'environ 35 % à 45 % de la largeur totale d'ensemble de la pénombre, c'est-à-dire de 70 % à 90 % de la largeur de la moitié de la pénombre.

Si sur le plan (qu'on peut supposer horizontal) on a tracé une ligne horaire, par exemple correspondant à l'heure H, puisque les calculs sont normalement faits en utilisant le centre du Soleil, nous aurons à cette heure H, la ligne de l'ombre

géométrique qui coïncidera avec la ligne horaire elle-même.

Mais, un observateur verra la limite de l'ombre déplacée par rapport à cette ligne et « lira » donc une heure légèrement différente : le matin, il lira une heure supérieure à H et devra affirmer que l'horloge « avance ».

Inversement, quand l'observateur voit la fin de l'ombre coïncider avec la ligne horaire, il en déduit que c'est l'heure H, tandis qu'en réalité, la ligne de l'ombre géométrique est

encore “derrière” (toujours le matin). Ce phénomène fait donc qu’une horloge solaire « avance » le matin et « retarde » l’après-midi.

L’amplitude de ces variations est assez modeste : puisque le Soleil se déplace de son diamètre en environ 120-128 secondes (diamètre de 30 à 32’), le retard peut varier de 35% à 45% de cette valeur et donc d’environ 40 à 48 secondes.

Résultats expérimentaux

De nombreux essais ont été faits, y compris par l’auteur, pour déterminer expérimentalement, la position dans laquelle est perçue la ligne limite de l’ombre, par rapport à celle de l’ombre géométrique.

Dans beaucoup de ces expériences, on a utilisé un « Shadow Sharpener »² avec lequel on a déterminé, avec une légère erreur, la position du tracé de l’ombre théorique.

Les résultats de ces nombreuses expériences, suivies en général, par des passionnés de gnomonique ont été rapportés, à plusieurs reprises dans la « Sundial Mailing List » et concordent, pleinement avec les considérations théoriques, décrites ci-dessus.

Par exemple, Pete S-USA a trouvé un retard de 53 secondes ou de 0.22°, correspondant à un déplacement de 42% de l’étendue de la pénombre.

B. Walton-USA a trouvé un retard de 40 secondes, correspondant à un déplacement d’environ 35%. B. Walton a trouvé aussi, en utilisant un posemètre d’appareil photographique, que le rapport I_{MAX}/I_{MIN} atteint la valeur d’environ 120 avec un ciel serein et de 30 environ avec un ciel nuageux.

L’auteur, en faisant des mesures avec un luxmètre digital a trouvé des valeurs plus variables, de 10 à 60 environ.

Cas de la méridienne horizontale de grande dimension

Supposons maintenant que l’élément rectiligne décrit au début soit l’œilleton d’un gnomon polaire dont l’ombre est utilisée pour déterminer l’heure, en comparant le bord avec les lignes horaires, tracées sur un plan horizontal.

Puisque le calcul des horloges solaires se fait toujours en utilisant la position dans le ciel du centre du Soleil à une heure donnée du Temps Vrai Local, l’ombre théorique ou géométrique de la pointe du gnomon coïncide exactement avec la ligne horaire, tracée pour l’heure considérée. Donc, l’ombre du bord de l’élément linéaire qui constitue le gnomon coïnciderait, à toute heure, avec les lignes horaires tracées sur le plan, uniquement si le diamètre du Soleil était ponctuel.

Dans la réalité, l’élément linéaire produit une « bande » de pénombre qui, dans le cas des méridiennes horizontales, a la forme d’un petit angle dont la bissectrice est l’ombre géométrique elle-même (*fig 8*) et dont l’ampleur change à chaque heure, en se maintenant toujours inférieur au grade (*fig 9*).

Les valeurs de cet angle de pénombre et de ses dimensions transversales, exprimées en millièmes de la longueur du style, aux équinoxes et aux solstices d’hiver sont reportées sur la table.

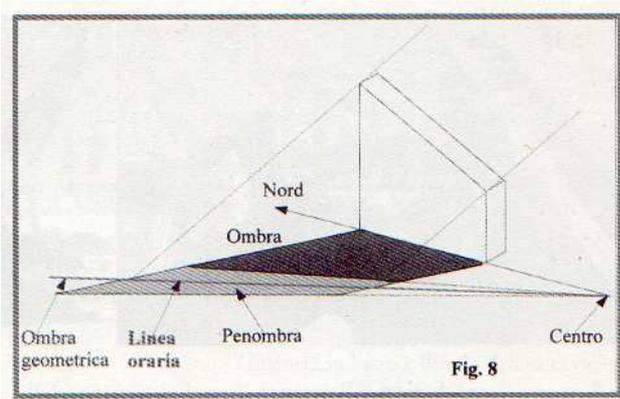
Méridienne horizontale –Latitude = 40° - fig. 9			
heure	Da	Ds - Equinoxe	Ds – Solstice d’hiver
	minutes	1/1000, style orthogonal	1/1000, style orthogonal
12	20.6	12.1	19.0

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

Pour simplifier, je ferai référence aux méridiennes horizontales : les raisonnements peuvent évidemment être étendus aussi à d’autres inclinaisons du plan. Dans tous les cas, j’ai supposé être dans une localité de latitude égale à 40°.

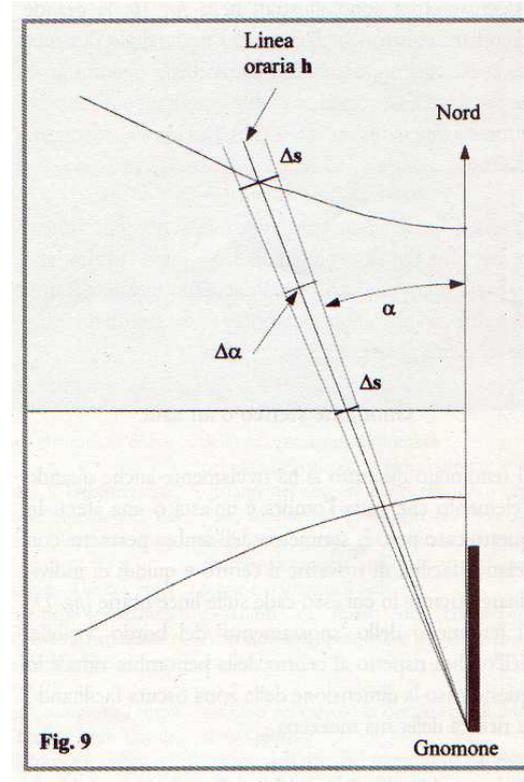
13 - 11	21.4	12.9	20.5
14-10	24.1	15.2	26.2
15 - 9	29.1	20.5	41.9
16 - 8	35.7	32.5	118.8
17 - 7	45.4	69.7	—

De l'examen de ces données, on peut déduire, immédiatement, que pour les méridiennes de petites dimensions – avec un style orthogonal de quelques décimètres – la longueur de la pénombre est presque toujours inférieure à la largeur des lignes tracées, pour lesquelles il est pratiquement impossible de discerner la différence entre la position de l'ombre théorique et les limites « visibles » de l'ombre.



▲ La **figure 8** présente l'ombre, l'ombre géométrique, la ligne horaire, la pénombre et le centre du cadran dont sont issues les lignes horaires.

La **figure 9** est la vue de dessus du cadran avec le style (gnomone) et la ligne horaire considérée. ▶



Par exemple, avec un style orthogonal de 30 cm, à 9 h, la largeur de la pénombre vaut 6.1 mm, aux équinoxes et 12,6 mm au Solstice d'Hiver.

Avec les méridiennes monumentales et les méridiennes horizontales, réalisées sur des places ou des grands espaces, la largeur de la pénombre devient, au contraire, assez grande et on peut bien distinguer les instants où le centre de la pénombre et même le « bord » visible de l'ombre passent sur la ligne horaire tracée.

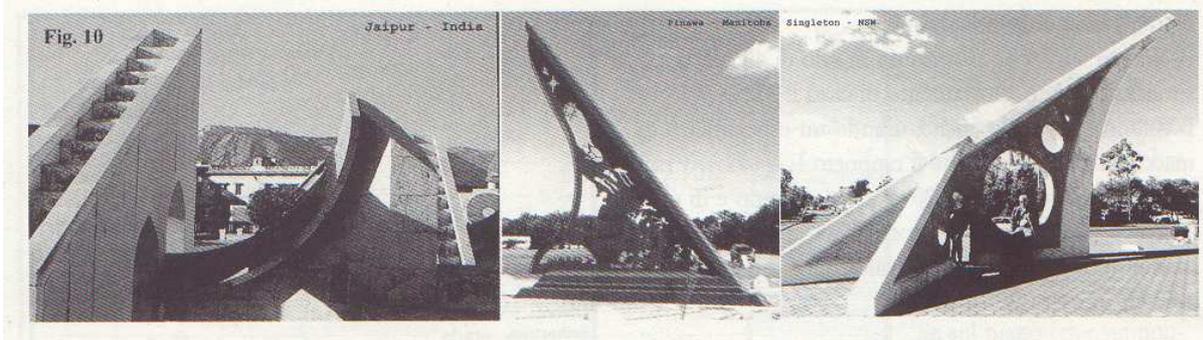
Par exemple, avec un style orthogonal de 4.0 m de haut, à 9 h, la largeur de la pénombre est de 82 mm aux Équinoxes et 168 mm au Solstice d'hiver : à 11 h, ces grandeurs se réduisent à 51 et à 81 mm.

Il en résulte donc, comme cela a déjà été rappelé que dans les grandes méridiennes, l'instant où on voit l'ombre coïncider avec le centre de la ligne horaire diffère de l'heure pour laquelle la ligne a été calculée, d'une valeur qui va de 40 à 60 secondes environ, en avance ou en retard.

Quelques exemples sont illustrés dans la figure 10 : la grande méridienne équatoriale, d'environ 15,1 m de rayon de Jaipur en Inde dont la largeur moyenne de la pénombre est d'environ 14 cm et les gnomons des deux grandes méridiennes horizontales de Singleton – SNW (USA) et de Pinawa-Manitoba (Canada).

Évidemment les mêmes considérations peuvent se répéter pour d'autres sortes d'horloges solaires, dans lesquelles l'ombre qui indique le temps est celle d'un élément

linéaire du type décrit au début de cette note (par exemple : grandes méridiennes sur plan polaire, etc).



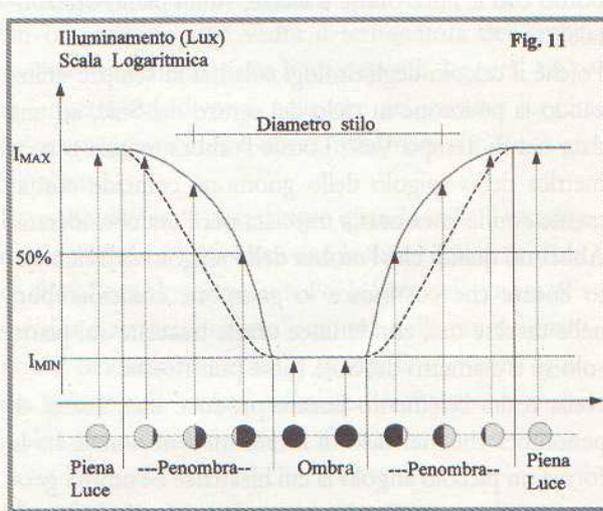
Figures 10

Gnomon sphérique ou à pointe

Le phénomène décrit se passe évidemment aussi quand l'élément qui projette l'ombre est une barre ou une sphère. Dans ce cas, pourtant, la symétrie de l'ombre permet, avec une relative facilité de trouver son centre et donc d'en déduire l'instant où celui-ci tombe sur les lignes horaires (fig 11). Le phénomène du « déplacement » du bord « visible » de l'ombre par rapport au centre de la pénombre réduit, dans ce cas, la dimension de la zone obscure, facilitant la recherche de sa ligne médiane.

Il conviendrait, pour être précis, de faire quelques considérations sur comment change « l'obscurité » de l'ombre, en fonction de la distance entre l'élément linéaire et le plan puisque, quand cette distance devient assez grande (supérieure à 200-300 fois le diamètre de la barre), il n'y a plus une zone d'ombre pleine – zone à partir de laquelle on ne peut plus voir le disque solaire en entier – et la luminosité de la zone centrale augmente.

Le contraste entre la zone illuminée et la zone obscure vient à diminuer, rendant, à la fin, presque impossible de faire ressortir l'ombre de la barre elle-même (fig. 12).



▲ **Figure 11:** Illumination (Lux) en Échelle logarithmique présentant le diamètre du style.

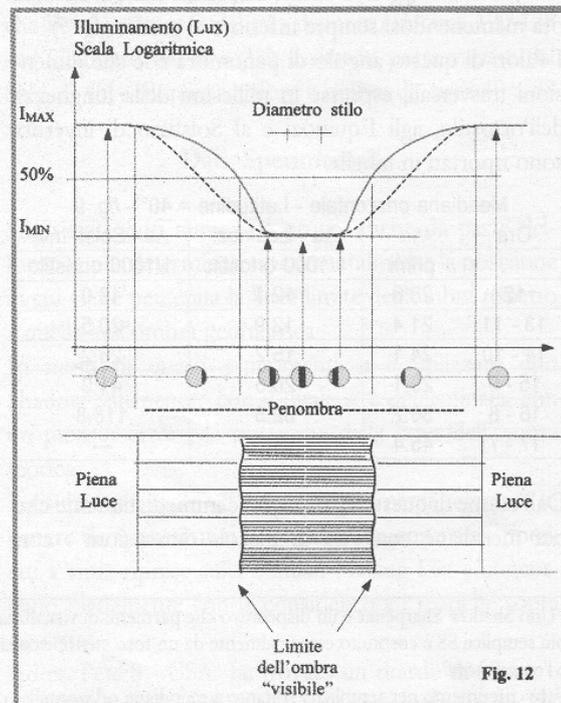


Figure 12: Illumination (Lux) en Échelle logarithmique présentant le diamètre du style et les limites de l'ombre visibles entre la pleine lumière. ▶

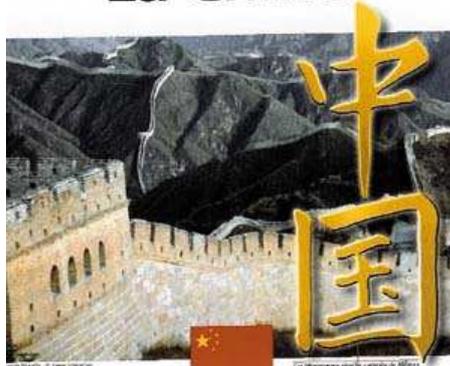


Voyage Astronomique en Chine

Par Andrée Gotteland

Après plusieurs voyages pour étudier l'astronomie de nos anciens, en Égypte, à Malte, au Pérou, à Athènes et chez les Mayas, j'ai visité la Chine et quelques-uns de ses nombreux sites astronomiques, mais, dans un premier temps, je me suis limitée à la capitale de la Chine, Pékin, ainsi qu'aux nombreux sites et instruments astronomiques chinois.

La Chine



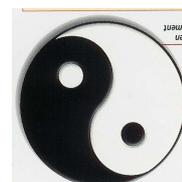
Les différentes époques de la Chine Ancienne

- Époques légendaires du 3^e millénaire av. J.C.
- Période Zhou : du 11^e siècle à 256 av. J.C
- Période des Quin : de 221 à 207 av. J.C
- Ancien Empire : de 206 av. J.C. à 969 ap. JC
- Période Han et Wang Mang : de 206 av. J.C à 220 ap. J.C.
- Période Sui : de 220.à 618 ap. J.C.
- Période Tang : de 618 à 906 ap. JC
- Les Dynasties : de 907 à 960 ap. JC

Les **Empereurs** étaient pères de l'Empire du Milieu, Fils du Ciel, assimilés à l'Étoile Polaire, autour de laquelle s'organisent toutes les constellations, ainsi que l'expression d'une puissance absolue. Centre de leur Empire, ils tenaient du Ciel un mandat céleste et correspondaient avec le dieu Chang-Ti, dont la résidence était au Pôle céleste. Hommes uniques, leur vie devait être réglée au compas et à l'équerre, selon les principes du Ciel. Ils déterminaient le cours des saisons et fixaient le calendrier. Sur leur trône, ils faisaient face au Sud. Stimulant l'astronomie, ils localisaient le « Pivot du Ciel », point de départ de tout cérémonial.

Les plus importants pour l'astronomie furent **Hoang-Ti** qui régna vers 2.697 av. J.C., vécut plus de cent ans, fit élever un grand observatoire et s'occupa de la réforme du calendrier et **Yao**, vers 2 346, av J.C., qui régna, entouré d'astronomes et en aurait fait exécuter deux, pour ne pas avoir prévu une éclipse de Soleil.

Pour les chinois, le **Yang** symbolise la chaleur du Soleil et le **Yin** l'Univers. Leurs parties interagissent, se rencontrent et sont soumises à leur loi. Connus dès l'Antiquité chinoise, les cycles sont les périodes au bout desquelles le Soleil et la Lune reviennent aux mêmes positions relatives.



Leur **Astronomie** était fondée sur l'observation et l'expérience. L'**Univers** était un organisme. Les chinois dressèrent la carte des cieux, établirent des registres d'éclipses,

comètes, novae et météores, gravèrent des textes sur os, pierres, écailles de tortue et réalisèrent des almanachs de prédiction, pour chaque année. **Vénus** était « la grande blanche » et **Jupiter**, « l'étoile annuaire ». À l'opposé de Jupiter, une planète invisible « **La Grande Obscure** », Tai yi, prévoyait le temps. Le cycle de Méton était de 19 ans et celui des éclipses de Lune de 135. L'**Étoile polaire** se nommait « le Grand Empereur Céleste Auguste » ou « le pivot céleste » ou « l'étoile de l'Empereur céleste ».

Les **Prêtres-astronomes** repéraient les étoiles, observaient leur position à leur passage au méridien, dans le plan vertical du pôle, vers l'équateur céleste, indiquant les dates, dans l'année. À partir du V^e siècle av. J.C., ils envisagèrent la relation du Soleil avec les autres corps célestes, en termes de circuits annuels ou « zodiaques ». Ils calculèrent les phases de la Lune.



Le zodiaque

Le **Zodiaque**, vers 2.377 av. J.C., sous le règne de l'empereur Yao, fut divisé en 28 « maisons » ou constellations. Chaque année était incluse dans un cycle de 12 années, placées sous le signe de 12 animaux symboliques, qui jouaient un rôle très important dans les horoscopes, considérés par beaucoup comme des décrets du Ciel, très respectés. Ces animaux auraient été convoqués par le Bouddha, et se seraient présentés à lui dans l'ordre qui est le leur dans le zodiaque : le rat, le buffle, le tigre, le lièvre, le dragon, le serpent, le cheval, la chèvre, le singe, le coq, le chien et le cochon.

Les Observatoires

L'empereur Houg-Ti, en 2608 av. J.C., fit construire des observatoires pour établir un calendrier fiable. Le plus grand fut construit à Lijiang, ville classée « patrimoine mondial » et équipée d'un télescope optique, de 2 m, le plus puissant du pays. Celui de Gaomeigu, signifie « endroit plus élevé que le Ciel ».

L'**Observation**, la plus ancienne d'une « étoile visiteuse », une « **Nova** » (étoile qui explose), a été réalisée, vers 1.281 av. J.C. La première mention de la **comète de Halley** remonte à 613 av. J.C. Dès cette époque, les étoiles ont été regroupées dans une ceinture zodiacale. Vers le VI^e siècle av. J.C., trois astronomes dressèrent un catalogue de 1.464 étoiles, groupées en 284 constellations. La possibilité de prévoir les éclipses de Soleil et de Lune aida les hommes à surmonter leur angoisse de voir le Soleil disparaître pour toujours.

Shi Shen compila, vers le milieu du IV^e siècle av. J.C, le premier Traité d'astronomie connu, le célèbre : *Classique du maître Shi sur les étoiles*. Les coordonnées équatoriales de 115 étoiles, ainsi que les étoiles déterminant les 28 maisons lunaires ou constellations furent étudiées.

Apport des Jésuites

L'arrivée des Jésuites, en 1583, dirigés par **Mateo Ricci**, donna un second souffle à l'astronomie chinoise. Ils apportèrent avec eux l'idée de la sphéricité de la Terre, de nouvelles techniques pour le calcul des positions des planètes, des prédictions d'éclipses et la technique des observations astronomiques. Pour enseigner à l'Empereur, ils rédigèrent et utilisèrent des traités.



Ferdinand Verbiest

Ferdinand Verbiest, arrivé en Chine, en 1660, y est demeuré 29 ans. Grand astronome, ami de l'Empereur et de nombreux Chinois, en pleine réforme du calendrier, il s'est fait remarquer pour ses dons exceptionnels et fût nommé directeur de l'Observatoire Impérial.

Concevant des sphères en argent doré, il matérialisa, de façon explicite, le mouvement des astres, enseigna au palais et contribua à l'enrichissement de l'Observatoire de Pékin.

Auteur d'au moins 35 ouvrages, sur des sujets variés, il était convaincu

qu'il fallait fabriquer des instruments astronomiques et étudiait, avec exactitude et précision, la théorie et les méthodes du calendrier.

Premier professeur de l'empereur Kangxi, il lui a enseigné l'astronomie, la cosmographie, la gnomonique et la météorologie et en 1669, il prit la direction du « Bureau d'astronomie », où il chercha à assurer la diffusion des connaissances acquises auprès des Jésuites.



Les astronomes

Les **Astronomes** étaient des fonctionnaires, logés, parfois, au Palais impérial. Appartenant à un bureau faisant partie du service civil, observateurs patients et précis, ils scrutaient les cieux pour y découvrir des symptômes de déséquilibre cosmique.

Matteo Ricci (1552-1610), astronome et mathématicien jésuite, mena de pair des traductions mathématiques, des travaux de cartographie et des leçons d'astronomie. Des lettrés, convertis par lui, l'aidèrent à rédiger les premiers ouvrages scientifiques modernes, publiés en langue chinoise. Ses successeurs ont continué à traduire et à enseigner l'astronomie, telle qu'on la pratiquait en Occident.

À cette époque, **Schall von Bell** reçoit la direction du « Bureau impérial d'astronomie et du calendrier » et les Pères Jésuites fondèrent une maison, en répandant la « Doctrine du Maître du Ciel », le christianisme.

Astronomie

Les **Cartes du Ciel** sont une représentation figurative d'observations astronomiques, nécessaires pour identifier et localiser les étoiles. Les anciennes sont imprimées, dressées pour construire le globe céleste et indiquer les 28 « Maisons lunaires », les constellations.



La carte du tombeau d' Yi de Zeng de Dunhuang

Les **Cartes de Su Song**, montrent des connaissances astronomiques, pour l'époque, du plus haut niveau.

Mesure du temps

Nécessaire pour les besoins agricoles, les cycles se déroulaient, inflexiblement. On les reconnaissait, dans le mouvement des étoiles, la croissance et le dépérissement de la végétation, la naissance des enfants et la mort des grands-parents.

L'observation astronomique était assortie de calculs. Le Soleil, la Lune et Jupiter étaient soigneusement repérés et présidaient au calendrier.

Les **Calendriers** ont été adoptés, dès le IV^e siècle av. J. C. Leur promulgation était le décret inaugural du règne d'un Empereur, l'acte décisif de la cérémonie d'avènement. Tous les ans, le « Tribunal des Mathématiques » lui présentait un projet, dans un étui d'or. Les Chinois manipulaient les symboles du calendrier, comme des comptines, par exemple : 4 animaux pour les 4 orientes ou 4 plantes pour les 4 saisons de l'année ou 8 objets précieux et 9 dragons, 11 fleurs pour chaque mois de l'année. Fondé sur les phases de la Lune, accepté par tous, il était indispensable pour exécuter les tâches de l'administration. Tous avaient besoin d'une méthode précise pour le calcul de l'heure et de ses divisions. Les tâches des fonctionnaires étaient consignées dans des rapports, mentionnant toujours l'heure à laquelle elles s'étaient achevées. Ce calendrier était révisé, selon un système mixte lunaire-grégorien et sa refonte périodique était nécessaire, comme au moment de l'accession au pouvoir d'un empereur.

La **Maison du Calendrier** était une prérogative royale et la marque de la solidité du pouvoir. Image réduite de l'Univers, elle était le lien, entre le temps, le pouvoir et le calendrier. La capitale de la Chine devait posséder un « Ming t'ang », édifié sur une base carrée, comme la Terre et recouverte d'un toit de chaume, rond comme le Ciel. Chaque

année, à des dates régulières, le souverain y séjournait, pour fixer le détail du calendrier. Placé, successivement, à chaque angle, il inaugurait chaque saison, pour imiter la marche du Soleil.

L'**Année** était divisée en 12 mois lunaires, de 29 ou 30 jours, appelés « Maisons lunaires », auxquels on ajoutait, de temps à autre, un 13^e mois, pour « recoller » au cycle solaire. L'année civile commençait avec le 3^e mois astronomique et était divisée en 4 saisons, à partir du solstice d'hiver, vers le 21 décembre.

Les **Mois** avaient un nom : « mengzou » pour le 1^e mois, « chu » pour le 4^e, « xuan » pour le 9^e et « yang » pour le 10^e. Le 11^e mois était le « zi », le 12^e, le « chou » et le 1^e, le « yin », etc... Chaque mois était désigné par une des 12 branches terrestres et débutait, au moment où le croissant de Lune était le plus mince.

Les **Jours** étaient divisés en 12 « shi » égaux, équivalant à deux de nos heures. La période entre la fin du crépuscule et le début de l'aube l'était en cinq « gong ». Pour noter les jours, les Chinois avaient inventé un système de 60 unités, indiquées, chacune, par un tronc céleste et une branche terrestre. Le jour civil se décomposait en heures de longueurs variables, soit 6 heures de jour et 6 de nuit. Les 6 heures diurnes se comptaient du lever au coucher du Soleil et les 6 heures nocturnes, du coucher à son lever. Les jours et les nuits n'avaient, donc, des heures égales qu'aux équinoxes, tandis qu'aux solstices, leur disproportion était considérable. À chacune de ces heures était accolé un des signes du Zodiaque.

Les **Fêtes** s'accordaient avec l'astronomie, le calendrier et les mathématiques. Celles Les fêtes agraires avaient lieu à côté des fêtes politiques. Leur date dépendait du calendrier lunaire. Ces mois ne coïncidaient pas avec le calendrier solaire. Le début de l'année était déterminé par chaque empereur, en fixant les heures, jours et débuts de mois. Le Nouvel An variait, d'année en année : c'était la grande fête. Pendant 5 jours, des pétards éclataient pour réveiller la nature endormie. Le Nouvel An lunaire marquait l'un des temps forts des festivités chinoises.

Pékin

Afin de refléter l'ordre cosmique et se conformer à ses normes géométriques, Pékin était conçue comme un gigantesque damier, dont les éléments carrés étaient hiérarchisés, selon leur éloignement du centre. Tous ses monuments importants regardent vers le midi, afin de se protéger des influences néfastes, venant du Nord. Pékin s'ordonnait, selon un axe Nord-Sud et les édifices étaient disposés, de part et d'autre, de cet axe. L'autel du Soleil, à l'Ouest, répond à l'autel de la Lune, à l'Est. Celui de la Terre, au Nord, fait pendant à l'autel du Ciel, au Sud. Au Nord, se dressent les deux énormes horloges de la ville, les tours de la Cloche et du Tambour.

Le **Palais Impérial**, appelé aussi « Cité Interdite », était le véritable point focal de l'« Empire du Milieu », au cœur de la ville. Quatre portes donnaient, chacune, vers les points cardinaux. C'est là que se tenaient les cérémonies pour célébrer l'anniversaire et le mariage du souverain, ainsi que la fête du Printemps.

La **Colline du Charbon** préservait le Palais impérial des influences négatives du Nord.

Le **Trône du Dragon** était considéré comme le centre du monde. Le Fils du Ciel, médiateur entre le Ciel et la Terre et tourné vers le Sud, y gouvernait son immense empire.

La **Place « Tian'anmen »** ou de la « Porte de la Paix céleste », la plus large du monde, s'étendait devant l'ancienne « Cité Pourpre » interdite. Située au centre de la ville, le drapeau national y était hissé tous les jours, au lever du Soleil et descendu à son coucher.

Dans la **Tour du Tambour**, des gardes égrenaient le temps, par des roulements de tambour, toutes les 2 heures.



Le Palais Impérial

La **Porte méridionale** était la plus large, la plus belle et la plus sacrée de toutes. Servant de tribune à l'Empereur, il y proclamait le nouveau calendrier.

Dans la **Porte de la Fierté Divine**, chaque jour on battait les cloches, grâce à 108 coups au crépuscule et les tambours, à chaque veille dans la nuit.



Le Palais de l'Harmonie Suprême

Au **Palais de l'Harmonie Suprême**, se célébraient les grands événements, marquant la vie de l'Empire, les anniversaires de l'Empereur et les cérémonies du solstice d'hiver. Sur sa terrasse, il y a encore, à gauche, un petit édicule où l'on plaçait une mesure à grain, emblème de la justice impériale et à droite, un cadran solaire qui figurait la rectitude du fils du Ciel.

Dans le **Palais de l'Union**, sont installés, à gauche, une horloge à carillon et, à droite, une clepsydre.

Le **Parc de la Culture du Peuple** avait un autel divisé en 5 secteurs. Chacun d'eux avait sa couleur : rouge pour le Sud, blanc pour l'Ouest, noir pour le Nord, vert pour l'Est et jaune, couleur de l'Empereur, pour le Centre.

La célèbre **Porte face au Soleil** unissait la Cité Pourpre, les temples du Ciel et de l'Agriculture, dont l'Empereur était le servent principal.

Dans le **Parc du Ciel**, la **Colline où s'amonce la « Beauté du Ciel »** était surmontée d'un kiosque où l'Empereur et l'Impératrice admiraient le paysage, à l'occasion du 9^e jour du 9^e mois lunaire. Ses constructions sont alignées selon un axe Sud-Nord. On entrait dans ce parc par la porte céleste de l'Ouest. Une allée partait du Sud, vers l'autel du Ciel. Un double mur était percé de portes aux 4 points cardinaux. La construction s'organisait autour du chiffre 9, chiffre impérial, et de ses multiples, le 9, le plus grand nombre impair à un seul chiffre, les nombres impairs étant les attributs du Ciel. Chaque terrasse comportait 360 balustres, correspondant aux 360 jours de l'année lunaire. Sur la dalle centrale, endroit le plus sacré de l'Empire céleste, l'Empereur venait s'agenouiller devant les tablettes du Soleil, de la Lune, du Vent, de la Pluie, du Tonnerre, etc...

Le **Temple du Ciel** était l'un des plus grands sanctuaires, les plus sacrés de la Chine, destiné à honorer le Ciel. Des sacrifices au Ciel et à la Terre y étaient faits. Un autel leur rendait hommage. L'empereur accomplissait deux cérémonies : au solstice d'hiver, il quittait la Cité Interdite par la porte antérieure pour se rendre au sanctuaire, dans une procession, puis il allait à l'autel du Ciel, informer Shangdi des événements marquants de l'année. Après trois journées de jeûne, dans une salle de son palais, l'Empereur quittait la Cité interdite, deux heures avant le lever du Soleil. Puis il se rendait, en grande pompe, au Temple du Ciel, y accomplir le « Sacrifice de la Banlieue ». La procession était composée de porteurs de bannières et d'enseignes, vouées aux planètes, aux montagnes sacrées, aux constellations du zodiaque, etc...



Le Temple du Ciel

Au **Palais de l'Abstinence**, au solstice d'hiver, le Fils du Ciel passait une nuit de jeûne. Au solstice de printemps, l'empereur rendait un nouvel hommage au Ciel. Le **Jardin impérial** contenait des kiosques, à toiture ronde, comme le Ciel et, à base carrée, comme la Terre.

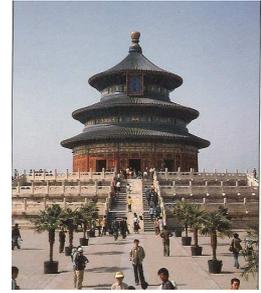
Le 15^e jour du 1^{er} du mois lunaire l'Empereur se rendait, dans la **Salle des Prières pour de bonnes récoltes** et demandait aux dieux du Soleil et de la Lune, des nuages et de la pluie, du tonnerre et de la lumière de bénir la récolte à venir. 4 piliers centraux y symbolisaient les 4 saisons.

Les 24 autres représentaient les 12 mois de l'année, ainsi que les 12 tranches de 2 heures du jour.

Dans le **Parc de l'Autel de la Lune**, au 1^{er} mois de l'automne, l'Empereur célébrait un sacrifice, les années paires, au coucher du Soleil. De là, on se dirigeait vers l'église de l'Ouest, puis vers l'Autel du Soleil.

La voûte de l'antichambre de la **Tombe du prince impérial Zhanghuai** est décorée de la Voie lactée, d'étoiles, du Soleil et de la Lune.

La salle de la Prière pour les bonnes récolte ▶



Les Observatoires de Pékin



L'ancien Observatoire Impérial

L'ancien Observatoire Impérial, bâti sur les remparts de la vieille ville, fût fondé par les Mongols, sous le règne de Qubilay (1260-1294), par l'astronome **Kuo-Shou-Ching**. Une tour en bois servait à établir les prédictions astrologiques.

Le savant **Guo Shoujing** en construisit les instruments astronomiques, en 1279, et se livra à des calculs pour réformer le calendrier chinois.

Un deuxième **Observatoire** fût construit, en 1437. Le père jésuite, **Adam Schall**, en devint le directeur, en 1645. On y pratiquait l'astronomie et l'astrologie. 76 « fonctionnaires de la Tour céleste », dont 30 chinois, y administraient le calendrier, gravé sur bois, qu'on publiait en Chine, en millions d'exemplaires, permettant d'étudier les lois du mouvement des planètes et de la géographie.

Le grand **Observatoire actuel**, fût construit, en 1660, sur les murailles de la Cité interdite, à l'emplacement du plus ancien. S'y trouvaient deux grandes Sphères armillaires, un imposant Globe céleste, un Cercle azimutal gradué, un Quart de cercle et un Sextant. Ces instruments furent construits, d'après le « *Mechanica* » de Tycho Brahé.

Instruments chinois

Les Chinois ont, très anciennement, l'usage des clepsydras et gnomons. Un ouvrage, daté de 206 av. J.C., permet de savoir que les latitudes étaient connues, par le moyen du gnomon et celle des longitudes, en traçant une ligne méridienne et en mesurant les ombres, avant et après midi, ainsi que par l'étoile polaire. Ils ont pu ainsi, orienter exactement leurs bâtiments. En 1900, tous les instruments d'astronomie de l'Observatoire furent pris par les Allemands et les Français, lors de l'invasion de Pékin par les troupes des grandes puissances coalisées. Après la première guerre mondiale, sous la pression de l'opinion publique, la France et l'Allemagne rendirent à la Chine ces instruments. En 1931, sous la dynastie des Ming, ils ont été transportés à l'Observatoire de Nankin, puis recopiés. Les originaux y sont toujours visibles.

Instruments de l'astronomie chinoise à l'Observatoire de Pékin



Les plus anciens

Une **Sphère armillaire**, au IV^e siècle, sous le règne de Zhengton, a été réalisée pour coordonner les corps célestes, puis fût transportée à l'observatoire de la Montagne Pourpre à Nankin, en 1931.

◀ Les instruments de l'Observatoire de Pékin

Une **Sphère armillaire simplifiée**, haute de quelques 2 m, a été réalisée par Gao Shoujing, vers 1279, et se trouve, aujourd'hui, à l'observatoire de la montagne Pourpre, près de Nankin. En bronze, elle servait à repérer les étoiles et les planètes, ainsi qu'à mesurer leur position du moment.



La sphère armillaire

Sa base était parallèle à l'équateur et son axe vertical, ajusté en fonction du pôle. Sa base horizontale était installée, en fonction du lever et du coucher du Soleil et permettait de suivre le mouvement des étoiles, autour du pôle céleste.



La Sphère armillaire simplifiée

Depuis le XV^e siècle

De tout le matériel fabriqué depuis le XV^e siècle, il ne subsiste que 15 instruments, d'une extrême finesse, en bronze et sculptés. 8 d'entre eux, conçus pour la plupart par le père Verbiest, vers 1670, sont exposés sur la terrasse du « Guanxiangtai ».

Un **Quadrant**, orné d'un dragon, un Sextant, un Globe céleste, une Sphère armillaire éclipstique y furent installés,, ainsi qu'un Cercle azimutal, cadeau de Louis XIV à l'Empereur.

L'**armille équatoriale** (photo ci-dessous à gauche), fut réalisée pour mesurer le temps solaire vrai, ainsi que les différentes ascensions et déclinaisons des corps célestes.

L'**armille éclipstique** (photo ci-dessous au centre), était destinée à mesurer la différence de la longitude éclipstique, les latitudes des corps célestes, ainsi que les 24 termes solaires.

L'**Altazimuch** (photo ci-dessous à droite), servait, primitivement à mesurer les azimuths des corps célestes.



L'armille équatoriale



L'armille éclipstique



L'Altazimuch

Le **Théodolite azimuthal** (photo ci-après à gauche), servait également, primitivement, à mesurer les azimuths et altitudes des corps célestes.

Le **Globe céleste** (photo ci-après au centre), était utilisé pour mesurer le temps et l'azimuth des levers et couchers, ainsi que les altitudes et azimuths des corps célestes, à tout moment.

Le **Sextant** (photo ci-après à droite), en cuivre doré, servait à mesurer la distance angulaire, moins de 60°, entre chaque deux étoiles, ainsi que le diamètre angulaire du Soleil et de la Lune. De fabrication impériale, l'instrument porte une inscription allusive à la 20^e année du régime de l'Empereur : 1687.



Le Théodolite azimuthal



Le Globe céleste



Le Sextant



La nouvelle sphère armillaire

La **Nouvelle sphère armillaire**, était destinée à mesurer le vrai temps du Soleil, ainsi que la réelle différence entre l'ascension et la déclinaison des corps célestes.

Instruments de l'exposition au château de Versailles, en 2004

L'exposition « Le règne de Kangxi, empereur de Chine » était dédiée à Kangxi, le 2^e souverain de l'empire manchou, de la dynastie des Qing.

Dans la « Salle Constantine », deux vitrines exposent des instruments scientifiques exceptionnels : un Sextant, un appareil impérial de mesure, un Globe terrestre, un Quadrant, deux Sphères

armillaires et une Sphère céleste, une Clepsydre sur vase à anses zoomorphes, un Cercle azimutal et un Gnomon de la Dynastie Ming.

Instruments astronomiques présentés à l'Empereur

Les **cadrans solaires** et les **horloges**, sont restés les plus célèbres. Beaucoup d'autres furent importées ou fabriquées par les missionnaires. Des inscriptions sur os ont permis de noter les observations des mouvements du Soleil, de la Lune, des planètes, des éclipses de la Lune et du Soleil, des comètes, novae et supernovae. Une chronique précise des événements rares a été tenue : éclipses de Lune et de Soleil, comètes, novae et supernovae. À l'aide d'une **lunette de visée**, Zu Geng (Zhi) découvrit que le point du Ciel qui ne bougeait jamais était éloigné de l'étoile polaire d'un peu plus d'un degré. Leurs méthodes précises, pour le calcul des éclipses, permettaient la construction de **télescopes** et de nombreux **planisphères célestes**. Ils utilisaient une grande variété d'instruments d'observation, tels que le **gnomon** et la **sphère armillaire**, servant à organiser le calendrier.

Plus tard, conseillés par les Arabes, ils ont construit d'énormes instruments. Leur développement s'effectua parallèlement, mais indépendamment de celui de l'Occident.

Les plus anciens

Instruments à encens

Dès les temps les plus reculés, des textes chinois évoquent le temps que met un **bâton d'encens** à brûler. On en donnait aux marins pour mesurer la durée de leur quart. Les médecins taillaient ces bâtons pour indiquer à leurs patients l'heure à laquelle ils devaient prendre leurs médicaments. Des bâtons personnels se sont fabriqués, par la suite.



Le couvercle perforé représentait le caractère, signifiant « Double bonheur ». À l'intérieur, la plaque, sur laquelle retombait l'encens, représentait le caractère de la « longévité ». Sur les côtés, sont des fleurs printanières et le texte d'un poème.



Le réveil en forme de bateau-dragon

Conservé au National Maritime Museum de Londres, le **Réveil en forme de bateau-dragon** est décrit, dans les premiers récits, concernant la mesure du temps.

Les jeunes messagers qui ne pouvaient dormir que pendant de très courtes périodes, inséraient des **Bâtonnets d'encens** entre leurs orteils, avant de s'endormir. Véritable « réveil », il avait la forme classique du bâton-dragon. Une poupe portait une queue emplumée. Recouvert d'une couche d'étain, il était percé pour recevoir un certain nombre de fils de fer en V.

On insérait un bâton d'encens sur les supports de fil de fer et une série de ficelles par-dessus. À chaque extrémité de ces ficelles, étaient attachées deux petites billes. Au fur et à mesure que l'encens se consumait, le fil brûlait et la bille tombait, avec un bruit métallique, dans un bassin, placé sous le réveil.

Les étalons

L'**Étalon à ombre** fût l'un des premiers, au II^e siècle. Un morceau de jade ou de terre cuite, étalonné et gradué, était placé contre l'ombre projetée par un gnomon.

L'**Étalon des constellations circumpolaires** dérivait du « pi » et pouvait être utilisé pour identifier certaines étoiles, proches du pôle céleste, et le pôle céleste, lui-même. Il pouvait également indiquer les angles sous lesquels ces étoiles apparaissaient, agissant, de ce fait, comme un instrument pour déterminer leurs « maisons du Ciel », par l'observation des étoiles circumpolaires.

Les Gnomons

Indiquant le midi astronomique, les ombres solsticiales et la direction Nord-Sud, le gnomon permettait d'étudier les mouvements du Soleil et servait d'instrument d'observation astronomique. Grâce à lui, on était parvenu à fixer les dates des solstices et des équinoxes, à déterminer l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur et à calculer la longueur des saisons et de l'année, ainsi que le passage des étoiles, la nuit, en vue d'observer la révolution de l'année sidérale.



Mesure de l'ombre du gnomon

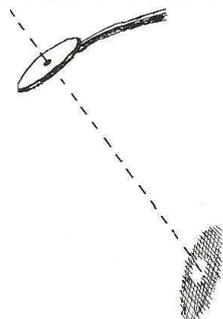
Vers 500 av. J.C., une ordonnance a prescrit, sous peine de sanctions sévères, que tous **les gnomons** auraient, en Chine, une hauteur uniforme, de 10 pieds. L'ombre solsticiale devait avoir une longueur de 1,94 pieds, soit 44 cm. Du temps de l'empereur Yao, les documents prouvent que les chinois les utilisaient de 10 ou de 8 pieds, suivant les époques. Au solstice d'hiver, à la latitude de Pékin, la longueur de l'ombre était de 3,80 m. C'était trop pour une mesure précise, à cette distance, la pénombre rendant l'extrémité de l'ombre indistincte. On opérait, donc en été, et l'on admettait que le solstice d'hiver aurait lieu 182 jours plus tard.

Dans une légende, le plus jeune frère des frères Hsi aurait réalisé un gnomon, mesurant l'ombre du Soleil au solstice d'été, ainsi que le gnomon de Cocheou King, à Pékin, de 40 pieds chinois, pour déterminer les hauteurs méridiennes du Soleil. Au XII^e siècle, le résultat moyen donnait, pour la latitude septentrionale du lieu, où était situé le gnomon : 39^d 52' 16'' et 23^d 32' 58'' pour l'obliquité

de l'écliptique. Le Père Verbiest a rétabli le gnomon de 8 pieds et demi, de l'Observatoire Impérial de Pékin, avec lequel il a observé la hauteur méridienne du Soleil et quelques hauteurs méridiennes

Le gnomon d'Yi Xing, moine tantrique (683-727) lui a permis d'étudier les variations des ombres solsticiales et équinoxiales, en différents points d'une ligne méridienne du territoire chinois et de déterminer la longueur de cette ligne de 2 500 km, lors d'une expédition scientifique qu'il organisa, vers 725.

L'Observatoire de Zijin Shan abrite un superbe **gnomon**, composé de plusieurs cercles et d'une demi-sphère, au centre.



Le gnomon à trou

Les plus anciens textes chinois révèlent que, du temps de Tcheou, on utilisait le **gnomon à trou**, beaucoup plus précis que le gnomon à style. On connaissait, par l'observation de l'ombre méridienne du gnomon la plus courte, la valeur de l'année de 365,25 jours.

Le retour de l'année était surveillé, au solstice d'hiver, par l'ombre du gnomon à midi, qui était, alors, la plus longue des ombres méridiennes. Quand l'observation du gnomon faisait apparaître un décalage des mois par rapport à l'année, on supprimait les jours par décret.

Les instruments en jade

En Chine, deux millénaires av. J.C., on utilisait une barre verticale, semblable au gnomon, pour ordonnancer les activités de la journée. C'est à Henri Michel que l'on doit la découverte qu'il s'agit, en réalité, d'instruments astronomiques, apparentés, dans un certain sens, à notre nocturlabe, mais ayant avec lui une avance d'un nombre respectable de siècles.

Depuis longtemps, on s'était interrogé sur le rôle de certains objets de jade, provenant de Chine et conservés dans les musées européens.



Le Hsuan-Chi

Le T'ou-kwel, en jade vert, a longtemps été considéré comme un couteau rituel, pour vérifier la longueur de l'ombre portée par un gnomon, au moment où elle est la plus courte. On peut, ainsi, connaître la date du solstice et établir le calendrier. Une tablette, d'environ 50 cm de longueur était percée de 3 ou 4 trous ronds. Ces trous fixaient, pour une ville déterminée, la



Le T'ou-kwel Photo, J. Boucher

longueur de l'ombre d'un gnomon de 8 pieds ou de 10 pieds à midi, le jour du solstice d'été.

Conservé, à Bruxelles, aux Musées Royaux d'Art et d'Histoire, **le Hsuan-Chi**, en jade, date de vers 500 av J.C. Son diamètre est de 14,2 cm.

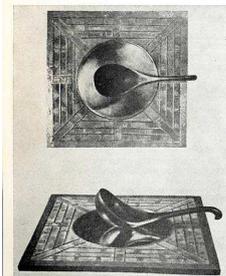


Le pî

Le **pî** utilisé, vers 1000 av J.C. était un objet « rituel » ou « symbolique », alors qu'à l'origine, il avait une fonction scientifique. Son usage astronomique est resté ésotérique, les initiés se gardant bien de le divulguer. Avec le temps, il est devenu sacré, puis honorifique. Son gabarit circulaire était constitué par un disque de jade. Un trou central, d'un diamètre de 18,5 cm. laissait viser le point où siégeait le dieu du Ciel.

D'autres instruments

Utilisé par les devins de l'époque Han, le **shi** était un appareil à divination. Un plan terrestre carré, était surmonté d'un plan céleste hélicoïdal. Sur sa face supérieure, étaient gravés la Grande Ourse, les caractères cycliques courants, les points de la boussole, les maisons de la Lune et les noms des constellations.

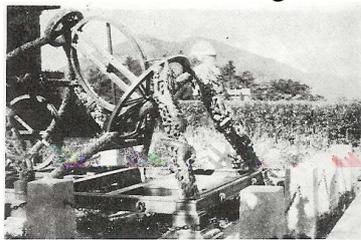


La cuiller magnétique

Utilisée, couramment, en Chine vers 124, la **cuiller magnétique** était une aiguille aimantée, magnétisée, suspendue à un fil de soie grège. À l'origine, cette cuiller ne fût qu'un des nombreux modèles magiques des corps célestes, utilisés dans les techniques de divination en liaison avec les jeux de table. Si on prend une « cuiller indiquant le Sud » et qu'on la lance par terre, elle marquera toujours le Sud, indiquant qu'il faut la mettre sur le plan terrestre de la table divinatrice. C'était un véritable morceau d'aimant, taillé suivant la forme de la Cuiller du Nord, la Grande Ourse.

À la période Song, une des premières ébauches de la boussole, a été un petit morceau d'aimant, emboîté, dans le corps d'un **poisson de bois**, duquel sortait une petite aiguille. En flottant sur l'eau, il indiquait le Sud.

Sur un mince **bâtonnet**, coupé et aiguisé, portant un aimant à l'intérieur d'une petite tortue de bois, une aiguille dépassait, pour accroître le moment de torsion.



Torquetum équatorial

En 1276, Guo Shoujing inventa le **torquetum équatorial** qui reprenait le montage du « Torquetum », mais en omettant les composantes écliptiques. Ce fût le précurseur du montage de tous les télescopes modernes.

L'usage de l'**aiguille aimantée** se répandit, en Chine, un siècle plus tôt qu'en Occident.

Les **uranomètres** des observatoires de Nankin et de Zijin shan furent fabriqués par les Ming, en 1442, servant à déterminer la position des constellations.

À côté des cadrans astronomiques qui organisaient le calendrier, jusqu'au V^e siècle, on utilisait surtout les **chandelles**.

Des **pièces de bois**, enduites de colle et creusées d'une légère entaille, étaient remplies de la poussière d'une plante qui brûlait très lentement. En perçant des trous, de chaque côté, à des distances déterminées, on pouvait y ficher des clous pour marquer la longueur des heures du jour et de la nuit, pendant six mois, depuis l'équinoxe de printemps jusqu'à celui d'automne. Pour les six autres mois, on remplaçait les indications des heures du jour par celles de la nuit et vice-versa. On employait aussi des allumettes, composées de bois de santal pilé et réduit en pâte.

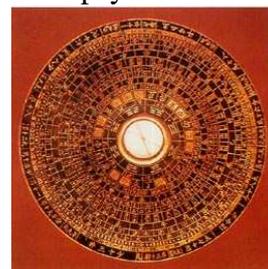
Un **moulin à eau**, attribué à **Zhang**, sismographe Heng, inventeur, au 2^e siècle de notre ère, permettait de faire tourner une sphère céleste en bronze.

Les **armilles équatoriales** de **Guo Shouchang**, 52 av. J.-C. et de **Zhang Heng**, vers 124, sont associées à un mécanisme de révolution diurne, contrôlé par une clepsydre.

L'anneau, en partie mobile, du **compas gyroscopique** d'un géomancien était pourvu de signes se répétant cycliquement. Avec son aiguille et l'indication des huit points cardinaux, on pouvait déterminer les coordonnées d'un lieu.

À l'époque archaïque, l'ensemble de **disques** « **blhuan** » et « **huang** », sont interprétés comme des images du Ciel.

L'**astrolabe** était une carte céleste tournante qui servait à mesurer la position des astres, au-dessus de l'horizon.



Compas gyroscopique

Composé de deux parties, l'une était fixe, appelée « Tympan » et l'autre mobile, dite « Araignée ». Son invention est attribuée à l'astronome **Hipparque**. À l'origine, il servait à relever la position des astres et à déterminer leur hauteur au-dessus de l'horizon. Aux XVI^e et XVII^e siècles, il servait aussi pour les horoscopes. Le musée d'Orbigny-Bernon, 2, rue Saint-Côme, conserve un astrolabe chinois.

Le **coronographe** était un instrument d'étude de la couronne solaire. Muni d'un disque « occulteur », il permettait de créer une éclipse, artificiellement.

La combinaison des lentilles a conduit à l'invention des **lunettes**. Bientôt deux types d'instruments existèrent : celle déviant la lumière par réfraction et le télescope qui comprenait des miroirs réfléchissant la lumière vers l'observateur.

Le **quartier de Davis** permettait de mesurer la hauteur du Soleil, sans avoir à le fixer directement. Il y avait deux pinnules : une en haut et une autre fixe en bas. Celle d'en haut était tenue par l'observateur qui tenait l'instrument de telle sorte que l'ombre projetée, tombe directement sur celle fixe d'un grand triangle.

Le **télescope** était un instrument servant à observer les objets célestes. Plus son diamètre était important, plus l'image du Ciel était brillante. Les astronomes n'ont pas cessé d'agrandir les lentilles et les miroirs en changeant leur longueur focale et en assemblant en une vaste surface des petits miroirs, disposés en nids d'abeilles pour capter et focaliser encore plus de lumière.

Instrument de géomètre, le **théodolite**, était parfois utilisé par les astronomes pour calculer l'azimut et la hauteur apparente d'un corps céleste.

Le **volvelle** servait à déterminer la durée du jour et à établir l'heure astronomique à laquelle s'étaient produits des événements.

Lâchée par un dragon, une **boule en bronze**, orientée dans la direction d'un séisme, tombait dans la gueule d'un crapaud. Le bruit de cette boule prévenait les souverains qu'un tremblement de terre se déroulait, dans une partie éloignée du territoire. En suivant la direction indiquée par la tête du dragon, ils pouvaient le localiser et prendre les mesures adéquates. Cette invention astucieuse de l'astronome **Zhang Heng**, eut une grande importance à une période où il fallait plusieurs semaines pour que la nouvelle d'une catastrophe lointaine parvienne jusqu'aux autorités.

La **monture équatoriale**, inventée vers 1270, adoptée par les astronomes occidentaux au XVII^e siècle, permettait aux instruments scientifiques de suivre le déplacement des étoiles, causé par la rotation de la Terre.

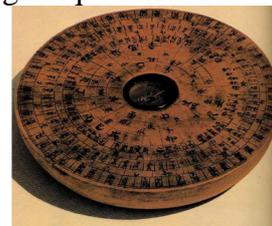
Les boussoles

La connaissance de la polarité magnétique, tout autant que celle de l'attraction magnétique, ont eu, comme la poudre à canon, un effet d'ébranlement social sur les sociétés occidentales.

Wu Jing Zong-yao, en 1044, avait construit une **boussole flottante**, en fer, utilisant le magnétisme. Un poisson, en fer magnétisé, flottait sur l'eau, comme une coupe. Frotté au rouge, il était maintenu, dans la position Nord-Sud et dans le champ magnétique terrestre.

Mais, entre les mains des capitaines du XV^e siècle, l'apparition de la **boussole magnétique** a couronné toute une période de la science de la navigation qui avait commencé au XIII^e siècle et qui a rendu possibles les voyages maritimes autour de l'Afrique ou même la découverte du continent américain.

La **boussole géomantique** comporte trois cercles, l'un pour le Nord-Sud astronomique, l'autre pour tous les points disposés à 7° 1/2 à l'Est de cet axe, et le troisième pour ceux à 7° 1/2 à l'Ouest.



La boussole magnétique

Les sphères armillaires

Le développement de la sphère armillaire s'est effectué à peu près en même temps en Grèce et en Chine. La **sphère armillaire** permettait d'étudier le déplacement des planètes et leurs satellites, mais elle ne pouvait donner que des évaluations approximatives. C'était un globe, formé d'anneaux ou de cercles représentant le Ciel et les astres. À l'aide d'une manivelle, les planètes tournaient autour du Soleil, placé au centre et leurs satellites tournaient autour d'elles. Cet instrument fut également appelé « planétarium ». À Luoyang, dans le parc de la Ville Royale, une sphère en fer, incrustée de billes d'acier, représente symboliquement l'univers.

Il est très probable que cette sphère existait, de manière très complète, avec la plupart de ses détails, dès l'époque de **Luoxia Hong**, qui remit en état le calendrier, vers 100 av J.C.. Il y en eût beaucoup, du temps de **Zhang Heng**, le grand savant et chercheur de la fin de la période Han qui travailla de 100 à 130 ap. J.C, juste avant **Ptolémée**. En 132 ap. J.C., on actionnait la sphère armillaire à l'aide de la puissance hydraulique.

Mais une autre version veut que le premier inventeur de la sphère de **Guo Shou-jin** ait été l'arabe **Jabir ibn Aflah**, qui la conçut au XII^e siècle, comme une sorte de calculateur, pour transformer un système de coordonnées dans un autre. Ensuite, cet instrument, raffiné, haut d'environ 2 m, aurait été introduit en Chine par la mission scientifique de **Jamal al-Din**, en 1267. Le progrès consistait dans le découpage de la cage concentrique de la sphère armillaire. Si on séparait les cercles concentriques et si on les montait, d'une manière non concentrique, suivant leurs propres plans, convenablement assemblés, on obtenait un instrument qui, plus tard, fut appelé « Turc », c'est-à-dire « **Torquetum** ». Cette sphère servait à repérer les étoiles et les planètes et à mesurer leur position du moment. Sa base devait être parallèle à l'équateur et son axe vertical ajusté, en fonction du pôle. La base horizontale était installée, en fonction du lever et du coucher du Soleil. Une grande importance était donnée, par les astronomes, à la possibilité de suivre le mouvement des étoiles, autour du pôle céleste. Elle se trouve, actuellement, à Nankin, sur le terrain de la Montagne Pourpre.

Un des instruments chinois les plus raffinés fut la **sphère armillaire** de **Su-Sung**, construite, en 1088, à Kaifeng. Ce fut le premier instrument d'observation dans l'histoire de l'astronomie à être muni d'un mécanisme d'horlogerie. Fonctionnant grâce à un organisme d'horlogerie, elle suivait le mouvement apparent du Soleil et des étoiles dans le Ciel.

Verbiest a fabriqué une **sphère** en argent doré, dans une table en bois de santal, creusées pour la recevoir qui se trouve au musée de la Cité interdite.

Au deuxième étage de la tour Zhenhai du Musée du Parc Yuexiu, **45 sphères** sont contenues, successivement, les unes dans les autres. C'est un prodigieux travail de l'ivoire de l'époque Qing.

Sphère en argent doré ▶



Les clepsydres et horloges

L'origine des **clepsydres** remonte à la Mésopotamie et à l'Égypte, mais les Chinois en firent un instrument relativement précis qui connut, en Chine, un développement plus important qu'en Europe. Adoptant le système de l'influx, les Chinois stabilisèrent les têtes de pression, en multipliant le nombre de vases superposés et en utilisant le système du déverseur pour maintenir un niveau constant. Le récipient se balançait sur une « romaine ». Plus tard, il en alla de même pour le vase intermédiaire. Ce qui représente probablement la première forme de montage de toute une série de vases identiques, sur une roue tournante. C'est ainsi que se fit le grand bond en avant, vers une mesure exacte du temps. Les réservoirs d'eau furent équipés de siphons ou de plusieurs réservoirs qui s'alimentaient l'un l'autre, ou même

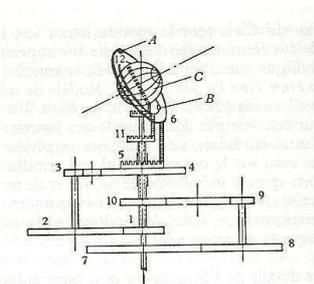
combinèrent les deux méthodes dans la même horloge, pour lui assurer à tout moment un afflux d'eau régulier. Pour mesurer de courtes périodes de temps, ils construisirent même de petites clepsydras de jade et utilisèrent du mercure à la place de l'eau.

Dans la Cité interdite, dans la salle du Culte des ancêtres, à l'entrée du musée de l'Horloge est présentée la copie d'une **clepsydre**.

En ce qui concerne la mesure du temps, céleste et terrestre, c'est aux artisans et aux érudits du Moyen-Âge chinois que nous devons la première solution au problème de l'horlogerie mécanique. L'invention de l'**horloge** fût un des tournants les plus importants de l'histoire de la science et de la technologie. Il fallait trouver le moyen de ralentir le mouvement d'une série de roues pour que le tout puisse garder le rythme de la grande horloge cosmique. Au moment de sa naissance, ce fût un triomphe capital de l'ingéniosité humaine. L'échappement fut le premier mécanisme de contrôle de l'énergie.

Les **horloges hydrauliques** ont connu un développement fantastique et permettait de diviser, en douze heures égales, l'intervalle de temps, séparant deux midis. La machinerie était installée sur la droite d'un bâtiment. Le dispositif qui indiquait le temps se trouvait, sur la gauche, avec des poupées qui tournaient dans leurs pagodes, pour annoncer l'heure, faisant sonner des cloches et des gongs. Au-dessus du système qui indiquait le temps, on pouvait voir le globe terrestre et enfin sur le toit deux sphères armillaires qui tournaient automatiquement. Derrière celles-ci des roues ramenaient sans cesse l'eau, dans le réservoir. La partie importante de l'horlogerie était un échappement à chaîne. L'eau se déversait sans arrêt d'un réservoir à niveau constant dans des tympan. En descendant, chaque tympan déclenchait un couple de leviers ou de ponts à bascules. Grâce à des connexions à chaîne, ils ouvraient une écluse au sommet de la roue permettant à celle-ci de se mouvoir tympan par tympan. La machine était construite pour découper le temps par des pesées rapides et précises, de petites quantités de liquide. La roue motrice principale faisait tourner une tige qui mettait en branle les roues en poupées, le globe terrestre et la sphère armillaire. Dans certaines constructions ultérieures, l'arbre vertical a été remplacé, par une transmission par chaîne.

En 600 environ, **Yu-Wen Kai** et **Geng Xun** inventèrent la **clepsydre à bascule**, courante à l'époque des Tang et des Songs. Mais leur trouvaille la plus importante, dans ce domaine, fut l'invention d'une **clepsydre mécanique**, pourvue d'un « échappement », appareil qui fait que la rotation d'un arbre se produit à une cadence régulière, en permettant à un engrenage de ne « libérer » qu'une seule dent à la fois.



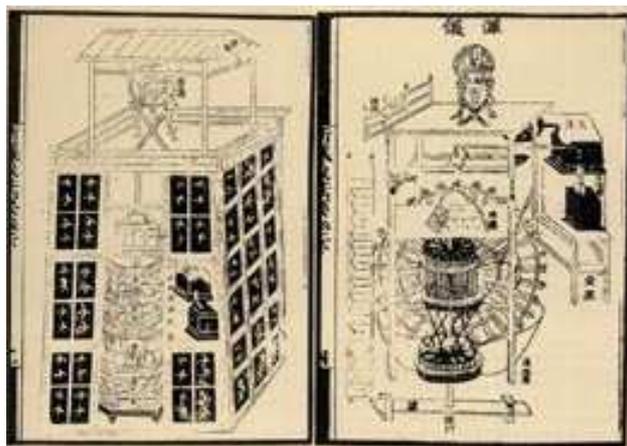
L'horloge de Yi King et Liang Ling-zan

La première **horloge mécanique** de Chine, avec **échappement** aurait été construite par le moine bouddhiste **Yi King**, (683-727) et **Liang Ling-zan**, un ingénieur des armées et un lettré qui occupaient tous deux un poste subalterne dans l'administration. Après quatre années de travail, ils présentent une **horloge astronomique, hydromécanique**, avec un nouveau mécanisme permettant de déterminer exactement les différentes phases de la Lune. Ce mécanisme transformant un écoulement continu en mouvement discontinu régulier, est dénommé **échappement** car il laisse échapper une « dent » à chaque impulsion, en l'occurrence le remplissage d'un godet.

Ainsi, un écoulement continu d'eau est transformé en mouvement discontinu de la roue. Une sonnette y indiquait les 12 heures du jour et un tambour les 1/4 d'heures. **Yi King** y a introduit un tube de visée « ptolémaïque », à monture écliptique, pratique pour l'étude du mouvement des planètes, sur et près de l'écliptique

L'horloge de Su-Sung

En 1086, parut un décret impérial ordonnant la construction d'une nouvelle « horloge astronomique ». Le savant fonctionnaire **Su-Sung** fut chargé de cette tâche difficile, car c'est une des entreprises les plus importantes de l'astronomie et du calcul du temps. Sa construction a été faite à **Kaifeng**, en 1090. Cette horloge fut probablement la première horloge à eau et à échappement qui ait fonctionné de manière satisfaisante. Pour réaliser le projet, **Su-Sung** chercha des collaborateurs.



L'horloge de Su-Sung

Il trouva en **Han Gonglian** un homme de métier, versé dans les *Neuf chapitres sur l'art mathématique* et dans la *Méthode des triangles rectangles*, c'est-à-dire la géométrie. Ces deux fonctionnaires et leur équipe mirent au point les principes mathématiques et mécaniques de la construction de la nouvelle horloge qui devait dépasser en précision toutes les précédentes. De 1088 à 1092, on installa et éprouva, dans le palais impérial de Kaifeng, un modèle en bois, réalisé d'après leurs plans.

Indiquant les heures et les autres « moments spéciaux » du jour et de la nuit, c'était, à la fois, un indicateur optique et acoustique du temps. Elle avait la forme d'une tour d'une dizaine de mètres de hauteur et était surmontée d'une sphère en bronze, actionnée mécaniquement et se divisait en plusieurs niveaux. À l'intérieur, un globe mobile montrait les étoiles et l'endroit où l'on pouvait observer chacune d'elles, du haut de la plate-forme. Sur sa façade, des petits personnages, portant des cloches, annonçaient les heures. L'ensemble du système fonctionnait, grâce à une roue dont le mouvement, entraîné par l'eau, était régulé par un échappement mécanique. Cette roue se déplaçait d'un cran, tous les 1/4 d'heures. Utilisant le premier échappement mécanique connu, elle est encore très imprécise. Cette horloge constituait, sans aucun doute, le point ultime d'aboutissement des calendriers astronomiques hydrauliques.

C'est en 1090 que fut achevée l'horloge définitive dont les parties essentielles étaient en bronze. En 1092, **Su-Sung** rédigea son *Nouveau plan d'une horloge astronomique*, dans lequel il décrivit son travail sur cette grande tour-horloge. À la fin du XI^e siècle, un premier ministre désira la détruire.

Mais deux fonctionnaires lettrés **Chao Mei-shu** et **Lin-zhong** qui avaient une forte admiration pour cette horloge, la considéraient comme un grand progrès, par rapport à tout ce qui avait été construit auparavant dans le genre et firent tous leurs efforts pour la sauver. Ils réussirent dans leur entreprise et la grande horloge continua de fonctionner jusqu'à l'année 1126, où la capitale Song fut prise d'assaut par les Tartares. Ceux-ci transportèrent l'horloge dans leur propre capitale, près du Pékin actuel et l'y remontèrent. Elle continua de fonctionner pendant quelques décennies. Alain Peyrefitte, dans *Un choc de cultures-La vision des Chinois*, consacre 29 pages à l'installation de cette horloge, qui arriva démontée, dans des caisses séparées, au Palais Impérial à Pékin.

Les cadrans solaires

Les cadrans solaires chinois répondaient à la curiosité des savants qui utilisaient le gnomon pour établir les composantes de l'année, sous différentes latitudes. Au début de l'ère Han, en 206, ils servaient, en premier lieu, à vérifier l'exactitude des horloges à eau et furent, en général, équatoriaux. Ils ont donné naissance à maints proverbes :

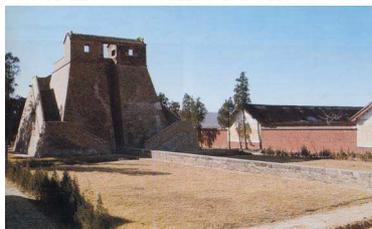
« Un pouce d'or n'achète pas un pouce de temps »

ou

« Un pied de jade n'est pas un trésor, mais on lutterait pour un pouce d'ombre ».

Leur principe réside dans l'installation d'un gnomon ou tige verticale, de façon que l'ombre projetée à midi par le Soleil tombe parallèlement au méridien. Cette ligne imaginaire relie les pôles Nord et Sud. On les appelle, aussi, ligne de longitude. Les heures peuvent alors être notées de part et d'autre de la ligne du midi.

La France conserve un **cadran solaire** chinois, dans le Musée d'Orbigny-Bernon à La Rochelle, 2, rue Saint-Côme. Aux Etats-Unis, un **cadran solaire** équatorial, en bronze doré au feu, datant de la dynastie Ming, est conservé au National Museum of American History, aux États-Unis. Montés sur un lion, des **cadrans équinoxiaux** monumentaux étaient installés



Cadran solaire à percée méridienne
Photo, R. Goepper

dans un endroit du Palais impérial, auquel le public n'avait pas accès.

Dans l'observatoire du Temple de Zhou un **cadran solaire à percée méridienne**, construit, en 1272, par Guo Shoujing, une structure pyramidale est desservie par deux rampes. Sur la face Nord, un dispositif permettait de calculer les solstices et les équinoxes.

Cadran équinoxial monté sur un lion ▶

L'ombre était projetée sur une échelle horizontale de 32,5 m, située au Nord de la tour.



Les cadrans solaires de la Cité Interdite

La Cité Interdite renferme deux cadrans solaires, une grosse horloge à sonnerie datant de 1798 et, dans le Palais de l'Union, une clepsydre, en bronze.

Deux cadrans solaires indiquent le temps devant le Palais. Leur style est dirigé vers l'Étoile Polaire avec un angle correspondant à la latitude de Pékin. Le grand cadran solaire équatorial est du temps de la dynastie Qing.



Les cadrans solaires portatifs, horizontaux et verticaux ont été introduits, en Chine, par les Jésuites aux XVII^e et XVIII^e siècles. Portant des caractéristiques occidentales, ils peuvent être vus, dans les musées d'Europe et des Etats-Unis. On peut les replier en position de repos.

Un cadran lunaire portatif, de 91 x 59 x 22 mm, de la Collection Leonard Linton, a son gnomon en ficelle. Sur le cadran horizontal, 13 petits trous correspondent aux divisions de la longitude, indiquées sur les deux bords extérieurs. Il se trouve chez A. Brioux à Paris.

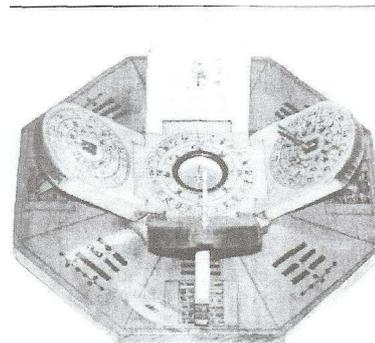
Au cours du VIII^e Séminaire de gnomonique en Italie, Nicola Severino a parlé des **cadrans solaires portables**.

L'un d'eux est conservé au château de Montegalletto à Gènes. Composé d'une boussole pour la recherche de l'orientation Nord-Sud et d'un plan équatorial mobile, il est posé sur un support. Son style est perpendiculaire au plan équatorial.

Les sept rochers-étoiles étaient des rochers que l'on disait être des météorites, symbolisant la présence céleste.



Le cadran portatif
chez A. Brieux



Château de Montegalletto

BIBLIOGRAPHIE

- Houzeau et Lancaster, *Bibliographie générale de l'Astronomie jusqu'en 1880*, Tome I, Chap. V
- Laplace, *Mémoire sur la diminution de l'obliquité de l'écliptique*, Connaissance des Temps pour l'an 1904
- G. Bigourdan, *Les cadrans solaires*, le Bureau des Longitudes, Annuaire pour l'an 1918
- F. Boquet, *Histoire de l'Astronomie*, 1925
- A. Unguerer, *Les horloges astronomiques et monumentales de l'Antiquité jusqu'à nos jours*, Strasbourg, 1931
- Henri Maspero, *Les instruments astronomiques des Chinois au temps des Han*, 1939
- Henri Michel, *Méthodes astronomiques des hautes époques chinoises*, Conférence Palais de la Découverte, 23 mai 1959
- A. Chapuis, *La montre chinoise. Relations de l'horlogerie suisse avec la Chine*, Neuchâtel, 1954
- Joseph Needham, *Science and civilization in China*, Vol. Astronomie, bibliothèque du Musée Guimet, Cambridge, 1959
- Dictionnaire Archéologique des Techniques, 1963
- Etiemble, *Les Jésuites en Chine*, 1966
- Marcel Granet, *La pensée chinoise*, A. Michel, Paris, 1968
- Joseph Needham, *La science chinoise et l'Occident*, Éditions du Seuil, 1969
- Jacques Germet, *Le monde chinois*, A. Colin, 1972
- Joseph Needham, *La science chinoise et l'Occident*, Paris, Seuil, 1973
- Joseph Needham, *La tradition scientifique chinoise*, Collection Savoir, 1974
- Sandra Shulman, *Encyclopédie Illustrée de l'Astrologie*, Editions Princesse, 1977
- Henri Michel, *Instruments des Sciences dans l'art et l'histoire*, 1980
- Jacques Attali, *Histoires du temps*, Fayard, 1982
- Eve Mercier-Sivadjan, *La Chine des pays des hommes*, 1983
- René R.J. Rhor, *Les Cadrans Solaires, Histoire, Théorie, Pratique*, Éditions Oberlin, 1986
- Edoardo Proverbio et Giuliano Bertuccioli, *On a singular chinese portable sundial*, Istituto e museo di storia della scienza a Firenze, Annali della scienza, Fasc. I, Année I, 1986
- Joseph Needham, *La tradition scientifique chinoise*, 1954-1987
- Temple R.K.G., *Quand la Chine nous précédait*, 1987
- *Découverte de la Chine*, Larousse, 1988
- Roger Goepfer, *La Chine ancienne*, Bordas, 1988
- Jacques Pimpaneau, *Chine, Culture et traditions*, Éditions Philippe Picquier, 1988
- *Chine*, Guides Bleus, Hachette, 1989
- Qi Xing, *Guide de Chine*, Éditions en langues étrangères, 1989
- *Le grand guide de la Chine*, Gallimard, 1990
- Joseph Meedham, *Dialogue des civilisations*, La Découverte, 1991
- Alain Peyrefitte, *Un choc de cultures, La vision des chinois*, Fayard, 1991
- Joseph Meedham, *Science et civilisation en Chine, Une introduction*, Éditions Philippe Picquier, 1995
- *Le Grand Guide de Pékin*, Bibliothèque du Voyageur, 1997
- *Le Grand Guide de la Chine*, Bibliothèque du Voyageur, 1998
- *Chine du Sud-Ouest*, Guides Bleus, 1999
- Jacques Germet, *Le monde chinois*, A. Colin, 1999
- Christian Nitschelm, *L'Astronomie de la Préhistoire à nos jours*, Burillier, 2000
- Kristen Lippincott, *L'Histoire du temps*, Larousse, 2000
- *Chine de Pékin à Hong Kong*, Guides Bleus, 2003
- *Chine*, National Geographic, Les Guides de voyage, 2003
- Kangxi, *Empereur de Chine, La Cité interdite à Versailles*, 27 janvier-9 mai 2004
- Eugène Müller, *Le jour de l'an et les étrennes chez tous les peuples à tous les temps*, Maurice Dreyfus
- P. Gaubil, *Lettres édifiantes de l'Histoire de l'Astronomie chinoise du savant*, publiée par le P Soucier
- Nicola Severino, *Gnomonica cinese*, VIII Séminaire de gnomonique en Italie
- Joseph Needham, *Dialogue des civilisations*, Chine-Occident
- Jean-Baptiste Biot, *Etude sur l'astronomie indienne et sur l'astronomie chinoise*, E. Blanchard
- Colin Roman, *Histoire mondiale des sciences*, Colin Roman, Seuil
- Encyclopédie Universalis, *Chine (L'Empire du Milieu)*, Sciences et techniques en Chine



Faites-les vous-mêmes

Par Paul Gagnaire, rubrique animée par Jo. Theubet

A TOUS NOS MEMBRES : 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 Cadran-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 d'avance.**

*La Reculaz - 74350 MENTHONNEX-EN-BORNES - jo.theubet@tele2.ch

CADRANS PEINTS SUR LAVE EMAILLEE

Le cadran peint sur lave émaillée est sans doute, surtout s'il est construit sur un assemblage de carreaux, l'un de ceux qui exigent le plus d'art, car il s'agit de faire oublier ce support qui évoque invinciblement le monde du sanitaire. Cependant, des décors muraux, une signalétique moderne, voire des tables d'orientation paysagées, apportent souvent à ce matériau une esthétique agréable. Michelin et le Touring Club de France ne sont pas étrangers à cette sortie du purgatoire. La part des cadrans solaires dans cette évolution favorable est, elle-même, loin d'être négligeable.

1°) Le matériau

On peut ne pas ignorer tout au sujet de la lave émaillée, bien que sa fabrication ne soit pas du ressort du cadranier, il l'approvisionne, prête à l'emploi, comme n'importe quel autre support pour ses tracés et ses peintures.



La lave volcanique n'est pas autre chose qu'une coulée incandescente du magma qui descend des flancs du volcan en éruption puis se refroidit. Elle est extraite, sous forme de blocs, des volcans d'Auvergne par des procédés qui ressortissent aux métiers des carriers, puis débitée en longues plaques minces de 10 à 40 mm d'épaisseur, qui vont être fractionnées, surfacées, polies et finalement émaillées. Il faut toutefois rappeler une utilisation célèbre, à l'état brut, pour la construction de la cathédrale de Clermont-Ferrand à la couleur noire caractéristique. La composition chimique de la

lave, du moins pour celle de Volvic, la plus connue en France, montre environ :

60% de silice 20% d'alumine 5% de chaux 7% de fer 3% de magnésie

On sait l'émailler à chaud, depuis qu'en 1829, la Manufacture de Sèvres mit au point un procédé, découlant de l'invention de Mortelèque (1827), pour fabriquer les plaques des rues de Paris, par vitrification d'émaux qui, eux aussi, sont des silicates, ce qui, à la cuisson, réalise une parfaite liaison entre les deux corps. Une première cuisson (l'engobage) s'opère vers 1000°C et dure une vingtaine d'heures, ou, selon certains auteurs, seulement dix heures, mais elle serait alors réitérée au moins une fois.

C'est elle qui apporte et fixe la couleur de fond et permet de vérifier que les plaques de lave ne présentent pas de fissures naturelles. Elle aboutit à charger la plaque de 3 kg d'émaux au mètre carré, généralement passés au pistolet. Puis se succèdent éventuellement plusieurs autres cuissons, à mesure que l'émailleur dispose des dessins colorés sur la plaque, selon la

complexité du décor désiré. Les plaques de lave émaillée, qui peuvent atteindre près de 3 m² d'un seul tenant, ont une densité voisine de 2,3 et un coefficient de dilatation d'à peine 0,7%, à 1000°C. Elles sont insensibles au gel, aux chocs thermiques, aux divers acides de nos pollutions modernes, aux rayons du Soleil, aux solvants, aux rayures, tags et graffiti. Elles constituent donc un support de choix pour le cadranier attaché à la pérennité de son œuvre. Il devra cependant considérer le poids de l'œuvre à mettre en station, de l'ordre de 55 kg/m² pour une épaisseur de 25 mm seulement ou de 70 kg pour l'épaisseur 30 mm.

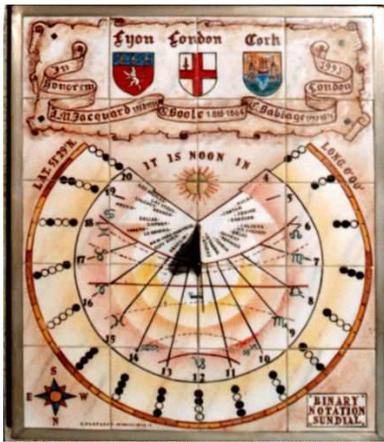
Les plaques peuvent être vendues de teinte unie, sans dessins, ou avec seulement une diaprure de fond, parfois craquelées (faïençage) ou bien découpées en carreaux de dimensions diverses et pas nécessairement carrés. Ce sont de tels carreaux qu'on trouve sur catalogue chez les fournisseurs de matériaux pour bâtiment et sur stock dans les boutiques spécialisées des grandes surfaces, que connaissent tous les artisans.

Le cadranier a donc le choix ou bien de confier son plan à l'émailleur qui tracera le cadran sur une plaque de lave déjà émaillée et qu'il recuira encore une ou plusieurs fois, ou bien d'acheter des plaques ou des carreaux de lave, d'y peindre son cadran et de leur faire subir la cuisson finale chez lui ou dans un atelier spécialisé dans les « arts du feu », voire chez l'émailleur lui-même.

Choisir une grande plaque implique de posséder un grand four pour la dernière cuisson; acheter des carreaux implique de disposer d'un appareil appelé "carrelette" qui permet de faire des coupes franches, car il peut arriver que des contraintes diverses, voire simplement l'esthétique du projet, obligent à fractionner les carreaux du commerce.

Il n'y a pas plus à dire sur le matériau puisque nous voyons bien que seulement deux hypothèses se présentent : ou bien l'émailleur est aussi un cadranier et il crée ses propres cadrans et sait donc les recuire ; ou bien le cadranier possède l'équipement et le savoir faire pour recuire. Il est même tout à fait envisageable que les deux professionnels s'entendent pour faire œuvre commune, le cadranier renvoyant à l'émailleur, pour cuisson finale, la plaque ou les carreaux de lave porteurs du tracé de son cadran.

2°) Les émaux utilisés pour le dessin du cadran



Ce sont, le plus souvent, des oxydes de fer, de cuivre, de manganèse, de cobalt, d'alumine, finement broyés et réduits en poudre ; on trouve même de la poudre d'or et d'argent. Cette poudre est diluée dans de l'eau ou d'autres liquides, parfois surprenants, dont bien des cadraniers conservent le secret. Les pigments organiques sont proscrits car ils ne résistent pas aux ultra-violets. Le liquide pâteux ainsi obtenu est passé au pinceau, plus ou moins large, sur le support de lave émaillée. L'artiste peut aussi, en utilisant des caches et un instrument souffleur de micro-gouttelettes, distribuer sur la surface du cadran des zones prédéfinies de fonds nuancés, destinés, par exemple, à délimiter des tranches horaires ou des saisons alternées. Des effets de dégradé s'obtiennent par

variation continue de la densité des gouttelettes dispersées.

Il est relativement facile d'apposer sur la lave émaillée des photos, des textes, des illustrations, par des procédés sérigraphiques, soit par une création d'ensemble, soit en plusieurs couches ; mais elles devront alors être suivies, chacune, d'une nouvelle cuisson de plusieurs heures à 850°C, voire 1000°C.

3°) Le cadran tracé sur des carreaux assemblés

Il est formellement interdit d'abouter les carreaux « à vif », tranche contre tranche ; un espace de 2 ou 3 millimètres doit être ménagé, qui, en fin d'assemblage, sera rempli d'un ciment

appelé barbotine dont le rôle est d'assurer une étanchéité parfaite tout autour de chaque carreau. Il convient donc de construire, d'abord, le cadran à plat, sur une grande table, en insérant, aux points de rencontre des coins de 4 carreaux voisins, et, si nécessaire, entre leurs tranches, des croisillons ou de fines baguettes en plastique, vendus chez les quincailliers, qui ménageront les espaces convenables. Ainsi les angles du tracé seront conservés et les lignes droites, telles que les lignes horaires, aligneront leurs segments selon la rectitude obligatoire. Insistons : si le dessin était tracé sur des carreaux disposés « jointifs » mais destinés à être ensuite espacés lors de la pose sur le mur, alors des erreurs d'angles, des brisements de lignes droites, des ovalisations de cercles, des fractures de lettres ou de chiffres, ôteraient toute rigueur au cadran terminé. Cette manœuvre est d'autant plus impérative que les carreaux sont plus petits. Imaginons, à titre d'exemple, un cadran de 10 carreaux en hauteur et 15 carreaux en largeur, chaque carreau mesurant 20 centimètres de côté, donc de grands carreaux. Les dimensions du cadran terminé ne seront pas de 200 x 300 mais, compte tenu des espaces remplis de barbotine, s'ils mesurent 3 millimètres, de 202,7 x 304,2.

On peut placer ici une remarque relative au contenu gnomonique d'un cadran vertical fait de carreaux assemblés comme une grille de mots croisés, avec les joints en lignes verticales et horizontales, ce qui est le cas le plus fréquent. A cause des joints verticaux de barbotine, très difficiles à camoufler, il est déconseillé de tracer des lignes verticales d'azimut qui ne produiraient pas un effet plaisant. Quant à la ligne de midi, on peut, soit la placer sur un joint, soit au milieu d'une colonne de carreaux. Mais pas autrement.

4°) Cuisson (s) après dessin gnomonique



Pour le cadranier qui ne possède pas les « arts du feu », c'est ici que l'attendent les difficultés ; il lui faut recuire son cadran peint sur une plaque ou sur des carreaux. Il doit disposer d'un four de céramiste. En principe, la source de chaleur peut être le bois, le gaz, le charbon mais, en réalité, ce doit être l'électricité et il faut que le four soit équipé d'un thermostat, d'une sonde pyrométrique et d'une horloge de programmation. En effet, la conduite du four implique une montée contrôlée de la température, puis, éventuellement, un palier de température stabilisée et,

enfin, une phase de refroidissement. Pour chacune de ces étapes, les niveaux de température et les durées à respecter sont des exigences non négociables. En prendre à son aise avec ces normes ne peut que conduire à un résultat médiocre voire à de la casse. Or il faut savoir qu'il est toujours impossible de refaire un carreau cassé, strictement identique à lui-même : l'œil exercé décèlera toujours le « petit quelque chose » qui fait que les faux jumeaux ne sont pas des vrais jumeaux.

Là encore, les véritables artistes ne sont guère bavards, mais on peut donner comme très proches du savoir faire des meilleurs, et, en tous cas, expérimentées avec succès par des cadraniers réputés, les valeurs suivantes :

- a) Montée en température : le four étant froid, donc à température ambiante, on installe les carreaux sur les étagères, on ferme le four et on lance la montée en température de façon à atteindre 800°C en 4 heures, en progression linéaire, sans à-coups ; ici le rôle de l'horloge et du thermostat est capital.
- b) Température stabilisée : à 800°C la source de chaleur est coupée et la température commence presque aussitôt à descendre.

c) Refroidissement : la phase de refroidissement dure au moins 24 heures et ce n'est que lorsque la sonde thermostatique annonce que l'intérieur du four est revenu à la température ambiante que la porte peut être ouverte et les carreaux retirés avec ménagement.

Photo 1 : exemple de peinture de fond imitant les roussissements d'un vieux vélin.

Photo 2 : exemple de zones colorées, mitoyennes (micro-gouttelettes).

Photo 3 : exemple de zones circulaires, en couleurs dégradées (micro-gouttelettes).

5°) Construction et pose du cadran

Désormais, donc, le cadranier a en mains son cadran achevé, soit en une seule pièce soit en plusieurs éléments. Quatre cas se présentent :

a) plaque unique destinée à devenir une table horizontale.

Il peut être judicieux de la coller d'abord sur une dalle de béton armé et de ceinturer l'ensemble avec une belle et solide cornière en laiton.

b) plaque à sceller contre un mur ou à suspendre par des happes métalliques.

Le cadranier sera attentif au poids de la pièce, déjà évoqué ci-dessus, la lave émaillée atteignant une densité (masse volumique) de 2,3 minimum.

Il devra aussi veiller à l'étanchéité des bords de la plaque, ce qui peut être obtenu soit par un cimentage soigné soit par un ceinturage métallique.

c) carreaux servant à construire une table horizontale.

Le cadranier devra les coller sur une dalle en béton armé, en veillant rigoureusement à l'alignement des carreaux et en respectant l'espace destiné à la barbotine. Une étanchéité parfaite est obligatoire. Là encore, la pièce terminée ne peut que se trouver embellie et renforcée par une robuste cornière en beau métal, laiton, inox, bronze, par exemple.

d) carreaux destinés à être scellés sur un mur

Le ciment ou la colle-ciment utilisés doivent assurer une adhérence parfaite et durable. Les carreaux seront posés, en commençant par la rangée inférieure qu'on disposera sur une règle en bois, bien horizontale, clouée provisoirement sur le mur. On ne passera pas à la rangée supérieure avant que la précédente ne tienne solidement. Le cadranier aura, au préalable, mis un très grand soin à tracer sur le mur, des lignes verticales et horizontales à respecter absolument pour la pose des carreaux. Il recourra fréquemment au fil à plomb et au niveau, pour s'assurer qu'il ne transgresse pas ces exigences. En fin de travail, il remplira de barbotine les espaces entre les carreaux qui auront été scrupuleusement respectés tels que, sur l'établi, avec des croisillons ou des baguettes de plastique, ils avaient été programmés. L'étanchéité des côtés libres des carreaux de bordure sera assurée par un cimentage soigné, si le cadran est en relief sur le mur. Mais il est infiniment plus élégant de commencer par creuser l'enduit mural pour construire le cadran au fond de la zone ainsi mise en retrait, de telle façon que le plan vertical du cadran posé soit exactement dans le plan du mur, ni en avancée, ni en creux. Cela n'est, évidemment, pas possible si le cadran doit être cimenté sur des pierres apparentes.

6°) Lave émaillée et esthétique

Un cadran solaire en lave émaillée ressortit à une esthétique puissamment évocatrice ; on évitera d'en placer sur des bâtiments où son premier message serait d'un anachronisme outrancier : églises gothiques, raccards des alpages, châteaux Renaissance, etc. Un cadranier de bon goût n'a pas à satisfaire des exigences contestables.

Paul Gagnaire*

* L'auteur doit à peu près tout de cette modeste notice à Monsieur Emile Vilaplana. Il espère qu'elle reflète fidèlement un peu de savoir faire de notre collègue, disparu fin 2005. Les trois cadrans qui illustrent le texte sont aussi des créations Vilaplana.



Une méridienne par 3 points d'ombre

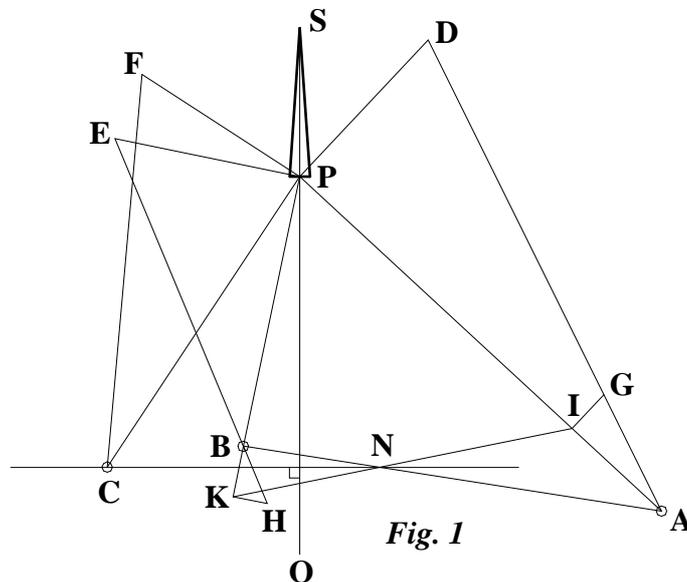
Par Yvon Massé

La méthode des cercles indous, qui permet de trouver la méridienne sur une surface horizontale, à l'avantage, hormis d'être simple à mettre en oeuvre, de n'avoir besoin d'aucune information particulière. En effet, il n'est pas besoin de connaître ni l'heure, ni la position géographique (latitude), ni la déclinaison du soleil. La seule obligation est de relever 2 points d'ombre pour des hauteurs de soleil identiques. Par extension, la méthode permet de trouver la sous-stylerie d'un cadran quand le plan horizontal devient un plan d'orientation quelconque.

Trouver la méridienne par 3 points d'ombre

Afin de s'affranchir de la contrainte des hauteurs identiques, on peut relever un troisième point d'ombre au cours de la même journée, l'instant des 3 points devenant alors tout à fait quelconques. De surcroît, la connaissance de ces trois points permet d'obtenir, en prolongeant les calculs, la déclinaison du soleil et la latitude du lieu [3][4][5].

Parmi les méthodes proposées à travers l'histoire, celle présentée ci-dessous m'a frappé par sa simplicité et par l'assurance de ne pas avoir, dans le tracé, de point en dehors de la figure. Elle a été donnée par Diodorus d'Alexandrie, un mathématicien de la fin du 1^{er} siècle avant J.C., et elle est rapportée par Otto Neugebauer dans son ouvrage "A History of Ancient Mathematical Astronomy". La voici, légèrement adaptée pour n'avoir recours qu'à une seule figure que l'on peut tracer directement sur le plan horizontal.



Soit P le pied du style et PS sa hauteur (Fig. 1). Soient PA, PB et PC les trois ombres projetées que nous supposons de longueurs inégales. Soit enfin PA la plus grande longueur, PB la plus courte et PC la longueur intermédiaire. Au point P, élevez sur PA, PB et PC les perpendiculaires PD, PE et PF égales entre elles et à PS puis tirez DA, EB et FC. Sur DA puis EB prolongée prenez respectivement DG et EH égaux à FC. De G et H, menez respectivement sur PA puis PB prolongée les perpendiculaires GI et HK. Par les points I et K puis A et B menez deux droites qui concourront en N. CN est une perpendiculaire à la méridienne, donc en menant de P la ligne PO, perpendiculaire à CN, ce sera la méridienne cherchée.

Si on préfère utiliser les calculs trigonométriques, on obtiendra la position de I et K sur les droites PA et PB par les formules suivantes:

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{PS}{PA}$$

$$\beta = \text{Arctg} \frac{PS}{PB}$$

$$SC = \sqrt{PS^2 + PC^2}$$

$$PI = SC \cdot \cos \alpha$$

$$PK = SC \cdot \cos \beta$$

Pour les personnes qui souhaiteraient revoir la présentation que j'ai faite sur ce sujet lors de la réunion du 22 octobre 2005, vous trouverez à <http://perso.wanadoo.fr/ymasse/divers/3pts.zip> l'ensemble des 4 fichiers "PowerPoint" et le texte d'accompagnement (322Ko).

Pour ceux qui n'ont pas "PowerPoint", on peut télécharger gratuitement sur le site de Microsoft "PowerPoint Viewer" qui permet de visualiser ce type de fichier.

En annexe vous trouverez, annotée, la méthode de De la Hire telle qu'elle est présentée dans sa gnomonique de 1698 [10]. Elle permet d'obtenir directement le centre d'un cadran d'orientation quelconque.

Bibliographie:

- [1] Y. MASSE: Bedos de Celles' Figure. The Compendium. Vol. 12 No. 2. Juin 2005.
- [2] A. GUNELLA: How to find the parameters of a dial on a plane surface, knowing only three shadow points of the vertex of the gnomon on the wall. The Compendium. Vol. 11 No. 4. Decembre 2004.
- [3] Y. MASSE: Comment tracer un cadran incliné et déclinant à l'aide de trois observations d'ombres inégales. Le Gnomoniste. Vol. 10 No.3. Septembre 2003.
- [4] D. SAVOIE: Les naufragés gnomonistes. Gnomonique moderne. Société Astronomique de France 1997
- [5] F. SAWYER: A three-point sundial construction. Sciatheric notes - I. North American Sundial Society Press. 1998
- [6] O. NEUGEBAUER: A History of Ancient Mathematical Astronomy. Berlin 1975.
- [7] A. MAHISTRE: L'art de tracer les Cadrans Solaires à l'Usage des Instituteurs. Paris 1864 (2^e édition).
- [8] R.G. de la PRISE. Méthode nouvelle et générale pour tracer facilement des cadrans solaires sur toutes surfaces planes. Bayeux 1780
- [9] J. OZANAM/ J. E. MONTUCLA: Comment on peut trouver la méridienne par trois observations d'ombres inégales. Récréations mathématiques et physiques. Paris 1778.
- [10] P. de la HIRE. Trois points d'ombre étant donnés sans connaître la hauteur du Pôle ni la déclinaison du Soleil: trouver le centre du Cadran. La Gnomonique. Paris 1698.
- [11] W. LEYBOURN: Dialling, Plain, Concave, Convex, Projective, Reflective, Refractive. London 1682.
- [12] J. COLLIN: Geometrical Dialling. London 1659.
- [13] DE VAULEZARD: Traité de l'origine, démonstration, construction et usage du cadran analemmatique. Paris 1644.
- [14] M. ODDI: De gli Horologi Solari nelle Superficie Piane. Milan 1614.

ANNEXE

La GNOMONIQUE ou méthodes universelles pour tracer des horloges solaires ou cadran sur toutes sortes de surfaces. Par M. de la HIRE Professeur Royal en Mathématiques, & de l'Académie Royale des Sciences. Paris. 1698.

CINQUIEME PARTIE / CHAPITRE II. (Page 115)

Trois points d'ombre étant donnés sans connaître la hauteur du Pôle ni la déclinaison du Soleil: trouver le centre du Cadran.

Soit un Style posé sur la surface du Cadran dont S soit la pointe & P le pied. Ayant marqué les trois points d'ombre A B D dans un temps où la déclinaison ne change pas considérablement entre l'observation de ces points, par rapport à la grandeur du Cadran & à l'exactitude qu'on veut y apporter, on tirera la ligne droite AB par deux de ces points A & B, & par le pied du Style P on

mènera la ligne droite PF perpendiculaire sur BA qu'elle rencontrera en E.

Ensuite on transportera sur cette ligne PF depuis le point E, la grandeur EF égale à la distance depuis le point E jusqu'à la pointe du Style¹, & du point F on mènera les lignes FA, FB, & l'on divisera l'angle AFB en deux parties égales par la ligne FG qui coupera AB au point G.

Du point P on élèvera PZ perpendiculaire sur PF, & l'on fera cette ligne PZ égale à la hauteur du Style PS; & ayant mené la ligne EZ on tirera ZH perpendiculaire sur EZ, & cette ligne ZH rencontrera FP prolongée s'il est nécessaire au point H; enfin par le point H & par le point G on mènera la ligne HG sur laquelle doit être le centre du Cadran.

On fera la même opération pour deux autres points d'ombre B & D dans laquelle j'ai marqué de lettres Italiques, les points qui correspondent à ceux de la première opération, pour faire mieux voir le rapport qu'il y a de l'une à l'autre. Soit donc la ligne *hg* trouvée dans cette seconde opération pour celle qui répond à la ligne HG & sur laquelle doit être le centre du Cadran; la rencontre C de cette ligne *hg* avec la ligne HG sera le centre du Cadran. Pour en avoir plus de certitude, on pourra encore réitérer l'opération pour les deux points restants A & D; & si l'on a opéré exactement on doit trouver le même point C ou à peu près, qui sera la rencontre de la ligne semblable à *hg* avec la ligne HG.

S'il arrivait que dans cette opération l'une des lignes comme *zh* ne rencontrât pas la ligne *Pf* ou qu'elle la rencontrât trop loin, il faudrait alors mener la ligne *gh* par le point *g* laquelle tendit à ce point de rencontre, s'il y en avait un, ou qui fut parallèle à *zh* si *zh* & *Pf* étaient parallèles, ce qui se ferait par la pratique dont on s'est servi dans le Chapitre V. de la seconde partie pour la Sous-stylaire²; & si les lignes HG, *hg* étaient parallèles ce serait une marque assurée que le Cadran serait Oriental ou Occidental³.

DEMONSTRATION

Les lignes SA, SB sont deux lignes dans la superficie d'un cône droit, dont on suppose que la base est le parallèle du Soleil au temps où l'on a marqué les points d'ombre A & B. Mais le plan qui passe par l'Axe de ce cône droit, et qui coupe en deux également l'angle compris par les deux lignes SA, SB, est perpendiculaire au plan du triangle ASB: c'est pourquoi pour avoir sur la surface du Cadran une ligne droite où se trouve le centre, il ne faut que trouver la rencontre du plan du Cadran avec celui qui coupe en deux également & perpendiculairement l'angle ASB, & cette ligne est GH, comme on le voit sur la construction.

Car premièrement la ligne FG qui représente SG, à cause que le triangle AFB est le même que le triangle ASB, coupe en deux également l'angle AFB. De plus par la même construction la ligne SH est perpendiculaire au plan du triangle ASB; & par conséquent elle est aussi perpendiculaire à la ligne SG. Car il est évident que le plan SHE, qui passe par le pied du Style, est perpendiculaire au plan ASB, puisque la ligne HE est perpendiculaire à AB, & de plus la ligne SH, qui est représentée par la ligne ZH, est aussi perpendiculaire à SE représentée par ZE, d'où il suit que la ligne SH est perpendiculaire au plan ASB; ce qu'il fallait démontrer.

Voir Figures 1 & 2

Notes:

¹: De la Hire aurait pu proposer ce tracé après la construction de EZ qui se trouve un peu plus bas dans le texte car la longueur EZ correspond à la distance demandée pour obtenir le point F. Ce détail semble avoir échappé au graveur qui a tracé les longueurs EF et *ef* trop longues par rapport à ce qu'elles doivent être. Du reste, la disposition des 3 points d'ombre est tout à fait improbable car elle correspond à une déclinaison du soleil d'environ 45°... Tout ceci confirme bien que la géométrie est l'art de raisonner juste sur des figures fausses !

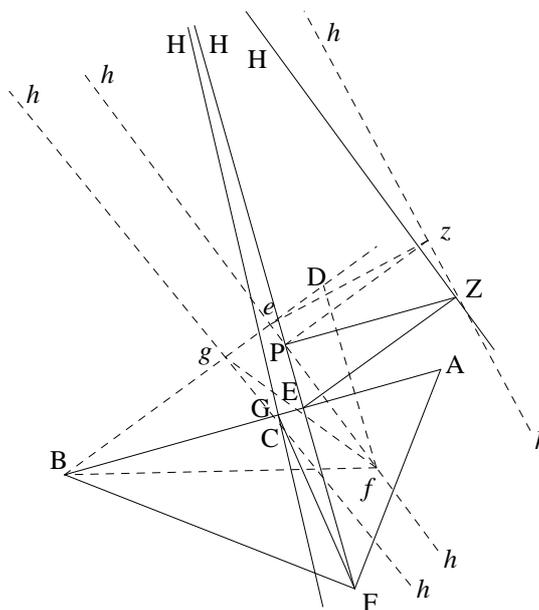
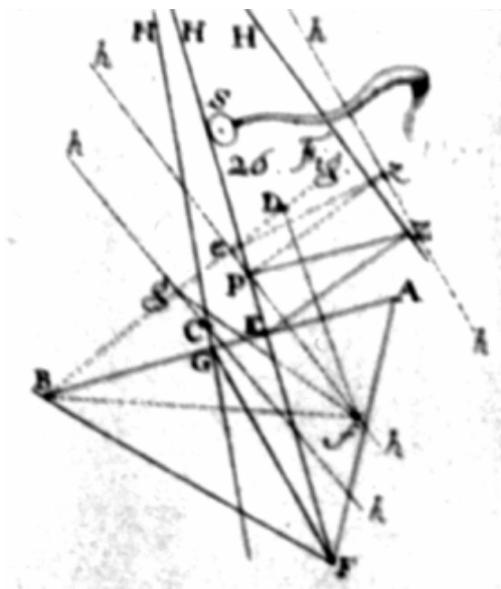
² : Voici ce que l'on peut lire à la seconde partie, chapitre V:

[...]

Mais si l'on n'avait point le centre C sur le Cadran, c'est-à-dire si la ligne NC était parallèle à FL, ou si le point de rencontre C des lignes FL, NC était hors du Cadran, il faudra se servir de la méthode suivante pour tracer la Sous-stylaire CP.

Par quelque point T de la ligne NC ayant tiré la ligne TVX parallèle à PN, qui rencontre IF au point V, on mènera les deux lignes diagonales IT, NV qui s'entrecouperont au point M; & par les points P & M ayant tiré la ligne PMX qui rencontre TV au point X, on transportera la grandeur TX en VY, & l'on mènera la ligne PY qui sera la Sous-stylaire; car ou elle sera parallèle à NC & à FI, si ces deux lignes sont parallèles entre elles, ou bien elle tendra à leur commune rencontre C quoiqu'elle soit fort éloignée.

³ : Et plus généralement serait polaire

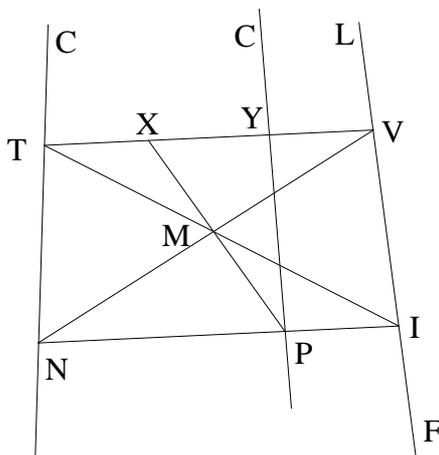


Figures 1 & 2

DEMONSTRATION

[...]

Pour le reste de l'opération la démonstration en est facile, puisque ce ne sont que des triangles semblables qui donnent des parties comme IP, TX qui sont en même raison que IN, TV.





Cadrans de Chinon Indre-et-Loire

Par François Pineau

Je vous propose les cadrans solaires que nous avons découverts à Chinon. Les recherches ont commencé par une simple investigation dans les rues de la ville, mais si la chance et le hasard peuvent permettre des découvertes, l'expérience montre qu'il faut améliorer la méthode de travail. En effet, certains cadrans très érodés sont peu visibles et on pourra passer plusieurs fois devant sans même les voir. Une recherche bibliographique est donc nécessaire, nous avons utilisé en particulier le tome 50 des mémoires de la Société archéologique de Touraine (par le Dr Dubreuil CHAMBARDEL) et la liste des cadrans français mise à jour continuellement par la commission des cadrans solaires de la Société astronomique de FRANCE, mais nous ne manquons pas de glaner toute information en lisant les bulletins et ouvrages des sociétés d'histoire locale.

EGLISE SAINT-ETIENNE

Sur l'église SAINT-ETIENNE on peut voir une pierre encastrée dans le mur sud à environ cinq mètres de hauteur. Il s'agit d'un cadran solaire vertical. Voici ce qu'en dit le Dr Dubreuil CHAMBARDEL :



Si l'on porte ses regards sur le mur méridional de l'église St Etienne de Chinon, achevée par Philippe de Commines à la fin du XV siècle, on peut observer un cadran solaire qui nous paraît antérieur à cette époque. Ce cadran, un des plus intéressants que nous ayons trouvés, aurait été disposé à la place où nous le voyons aujourd'hui dans la première moitié du XIX siècle, et proviendrait de la vieille église de la collégiale de ST MEXME, qui fut en partie détruite, dans la nuit de Noël 1820, par l'effondrement du clocher.

D'après les renseignements qui nous ont été transmis par M. J. Richard président des amis du vieux Chinon, le cadran fut rapporté et scellé dans le mur de l'église St Etienne en 1822. C'est une pierre rectangulaire de 0m 53 de hauteur sur 0m 50 de large, où les heures sont gravées en caractères gothiques sur un demi-cercle qui surmonte 2 têtes de religieux sculptées en bas relief. Un monogramme formé de lettres H et F sépare les 2 figures qui se font vis à vis.

Il paraît évident que cette pierre sculptée a été rajoutée au mur après la construction de l'église, mais nous n'avons trouvé aucune autre source confirmant ces faits.

Le cadran est inscrit dans un demi-cercle, les lignes horaires sont tracées de 6H du matin à 6H du soir et numérotées en chiffres romains gothiques dans un bandeau en arc de cercle. Les demi-heures sont indiquées par des portions de lignes partant du bandeau et terminées par un point. Le style (pièce d'un cadran solaire dont la projection de l'ombre indique l'heure) est constitué d'une tige métallique coudée et scellée dans le mur à ses deux extrémités. C'est la partie supérieure de cette tige, formant avec le mur un angle égal au complément de la latitude du lieu (chose que nous n'avons pas vérifié) qui indique l'heure solaire. Au-dessous sont sculptés deux visages de profil, s'agit-il vraiment de religieux ? Au milieu sont inscrites les lettres H et F entrelacées.

MUSEE DES AMIS DU VIEUX CHINON

Dans une des vitrines se trouve une méridienne à canon, instrument qui indiquait le midi solaire grâce à un petit canon qui était mis à feu par la chaleur du Soleil concentrée sur la mèche par une loupe. La platine circulaire en marbre a un diamètre de 28 cm et une épaisseur de 3 cm. Il y est gravé un cadran solaire horizontal qui indique les heures de 6 h du matin à 6 h du soir. Les lignes des heures pleines sont tracées entières et numérotées en chiffres romains, celles des demies et quarts d'heure ne sont tracées que partiellement. Le style, dont l'ombre indique l'heure, est un triangle plein en bronze ou laiton avec un côté découpé pour une simple raison d'esthétique. L'angle entre l'horizontale et le côté incliné doit être égal à la latitude du lieu. Celle-ci est gravée juste devant le style : $47^{\circ} 41' 8''$.



Il est intéressant de noter que la latitude de Chinon est de $47^{\circ} 10'$, ce cadran n'a donc pas été prévu pour cette ville mais un peu plus au nord, le cercle de longitude de $47^{\circ} 41'$ passe par exemple aux environs de Château du Loir. Une autre inscription est gravée : " Huette opticien quai de l'horloge N°75 à Paris ", il s'agit probablement du fabricant. Sur la tranche, le N° 3014 est peut-être un numéro de série.

Le mécanisme de réglage de la lentille est constitué de deux bras articulés autour de deux quarts de cercles où sont gravées des graduations correspondant aux dates, des vis permettent le serrage dans la bonne position. A l'extrémité des bras, deux autres vis permettent de régler le parallélisme de la loupe. Le canon, très simple, est fixé par deux supports latéraux, une fente allongée permet d'introduire la mèche. Il s'agit d'un modèle qui semble assez répandu, j'en ai retrouvé plusieurs semblables dans le département d'Indre et Loire. L'un est exposé dans une vitrine du château de BRIDORE, presque en tous points identique sauf les inscriptions gravées. Dans un château privé de la région de Tours, j'ai pu en voir un autre qui diffère très légèrement en ce qui concerne le système de réglage de la lentille et le style du cadran solaire a disparu. Il m'en a été indiqué d'autres que je n'ai pas encore eu l'occasion d'aller visiter. Ces objets ne comportent pas de dates, mais ils dateraient du début du XIXe siècle.

EGLISE DE PARILLY

L'église de PARILLY comporte 3 cadrans solaires, deux sur le mur est qui étaient déjà signalés dans la liste de la SAF et un sur le mur sud que nous avons découvert.



Sur le mur est :

Deux cadrans semblables sont tracés l'un au-dessus de l'autre, un mur est n'étant éclairé par le Soleil que le matin, seules les heures du matin sont tracées. Celui du haut est le plus visible, les lignes horaires sont tracées de 4H du matin à 12H et numérotées en chiffres arabes dans un bandeau horizontal. Le dessin a été gravé dans les pierres et rehaussé de rouge. Le style a disparu, une fente dans le mur indique son emplacement, il devait s'agir d'un style triangulaire soit en métal soit en ardoise comme semblent l'indiquer les restes encore présents dans la fente. Le cadran inférieur est assez semblable au précédent mais les lignes horaires ne sont pas chiffrées et il n'est pas rehaussé de rouge ce qui rend son tracé moins visible (invisible sur la photo !). Le style devait être identique au précédent, il a lui aussi disparu.

Sur le mur sud :

Nous avons découvert un cadran de type canonial. Ces cadrans n'indiquaient pas les heures mais les moments de la journée où devaient être célébrés les différents offices. Une dizaine de lignes rayonnent à partir d'un trou central où était implanté le style qui a aujourd'hui disparu. Nous avons décrit ce type de cadran dans le bulletin 2004 des Amis du vieux Chinon.



N°38 PLACE DU GENERAL DE GAULLE

C'était assurément le plus beau cadran solaire de Chinon, mais il est tellement dégradé aujourd'hui que personne n'y fait plus attention. Plus de détails sont visibles sur une photo datant du début du XX^{ème} siècle dans l'ouvrage du Dr Dubreuil CHAMBARDEL, voici ce qu'il en disait:

*A Chinon (place de l'hôtel de ville, à l'angle de la ruelle de la Brèche), cadran vertical, probablement du XVIII^{ème} siècle, peint en noir, et portant les noms des quatre saisons.
Devise: CARPE FVGIT.*



Il est vraiment dommage que ce cadran disparaisse petit à petit, il mériterait une restauration. Il n'est pas gravé mais peint sur le mur, ce qui explique son effacement. Aucune ligne horaire n'est plus visible, seuls subsistent l'encadrement rectangulaire, une devise latine « CARPE FUGIT » et quelques inscriptions telles que « ETE », « PRINTEMPS » ou des dessins représentant des signes du zodiaque.

Ces indices nous indiquent que ce cadran était très complet et très précis avec, en plus des lignes horaires, des arcs diurnes qui indiquaient le trajet de l'ombre pour certains jours particuliers comme le début des saisons ou l'entrée du Soleil dans une constellation zodiacale.

On peut aussi apercevoir une portion de courbe en forme de « 8 », il s'agit de la courbe de temps moyen. En effet, la Terre n'a pas une course régulière autour du Soleil ce qui entraîne un décalage, en plus ou en moins

selon l'époque de l'année, entre l'heure solaire vraie des cadrans et l'heure moyenne de nos montres.

Pour simplifier on peut considérer la courbe de temps moyen comme une ligne horaire qui a été déformée afin de tenir compte de ce décalage. Le style, constitué d'une lame métallique, est toujours en place mais descellé à une extrémité il est donc mal orienté.

52, rue Haute saint Maurice



En-haut du pignon sud de la maison, visible de la rue, est gravé un grand cadran solaire. Dans un grand rectangle sont tracées les lignes horaires, apparemment de 6H du matin

à 6H du soir, elles ne semblent pas être numérotées. Le style est constitué d'une tige métallique terminée par une flèche et soutenue par une jambe de force.

Sur une des faces de la tourelle accolée à ce pignon est scellée une tige métallique ressemblant beaucoup à un style. Il se peut que cela soit le seul reste d'un second cadran solaire aujourd'hui disparu.



38, RUE HAUTE SAINT MAURICE

Sur une maison ancienne, au niveau du deuxième étage, un cadran solaire est gravé sur une plaque qui semble être en marbre blanc. Des lignes horaires sont tracées de 5h à 18h et numérotées en chiffres romains dans un bandeau, les demi-heures sont signalées par des points entre les chiffres.

Un gnomoniste averti remarquera tout de suite que le tracé de ce cadran est faux, la partie sous l'horizontale devrait être divisée en 12 parties et non 13 et la ligne de 12h n'est pas verticale alors qu'elle devrait l'être comme sur tous les cadrans verticaux. Même si le style disparu était remis en place, ce cadran ne pourrait donner une heure correcte.

Nous avons retrouvé d'anciennes cartes postales de cette maison et avons constaté que le cadran a été déplacé.





La sous-préfecture

Sur la façade sud, visible de la rue, juste sous le toit on peut apercevoir une pierre blanche encastrée dans le mur. Il s'agit d'un cadran solaire de forme semi-circulaire, trois demi-cercles délimitent deux bandeaux, dans celui de l'intérieur sont tracées les lignes des heures et des demi-heures, dans celui de l'extérieur les heures sont numérotées en chiffres romains gothiques. Une fois encore le style a disparu empêchant ce cadran de donner l'heure.





2005 L'ANNEE CASSINIENNE

Par G. Paltrinieri, traduction d'Andrée Gotteland

Sous le haut patronage du Président de la République italienne, le Département d'Astronomie de l'Université de Bologne et l'Observatoire Astronomique de Bologne, ont nommé 2005, l'ANNÉE CASSINI.

Les raisons de ce choix sont au nombre de trois. En 2005, il y a 350 ans que la méridienne de la Basilique de S. Petronio a été l'œuvre de Giovanni Domenico Cassini. En 2005, la mission « Cassini-Huygens », créée par l'Agence Spatiale Italienne, conjointement avec la NASA et ESA, explora le système de satellites de Saturne. En 2005, se fêtent les 30 ans de la construction du télescope « G. D. Cassini » de Loiano, près de Bologne, appartenant au Département d'Astronomie. À l'occasion de l'ANNÉE CASSINI, a été réalisé le site : www.bo.astro.it/universo/cassini/

Toujours à ce sujet, un Comité Scientifique a été formé, présidé par le Professeur Fabrizio Bònoli (Département d'Astronomie de l'Université de Bologne), à la suite duquel les initiatives suivantes ont été avancées :

- 20 juin 2005 = Conférence publique à l' « Archiginnasio » : *Le lieu, l'instrument, la science*

- 21 juin 2005 = Visite guidée et expériences solaires : *Le Soleil dans la place et dans l'église*

- 20 septembre 2005 = Conférence de Giovanni Paltrinieri dans « S. Domenico », sur le thème des Méridiennes.

Dans les journées des 22-23 septembre 2005, rendez-vous à « l'Archiginnasio » de Bologne, avec les Conférenciers et thèmes suivants : Willian Shea : *Le développement de l'astronomie, de Galilée à Cassini* ; Marta Cavazza : *Les Sciences et les Études à Bologne, dans la première moitié du « Seicento »*; Ugo Baldini : *L'école bolognaise des Jésuites à l'époque de Cassini*; Anna Cassini : *Cassini, non seulement savant, mais astronome*; Silvio Bergia : *Le temps*; George V. Coyne S.J. : *La réforme grégorienne du calendrier*; Gianni Ferrari : *Les images du Soleil sur les méridiennes à chambre obscure*; John L. Heilbron : *Décoration des grandes méridiennes*; Suzanne Débarbat : *Les Méridiennes de Cassini à l'Observatoire de Paris* ; Fabrizio Bonoli: *350 années de la méridienne de San Petronio*; Mario Fantì : *La Fabrique de San Petronio et Cassini*; Giovanni Paltrinieri : *Les méridiennes à chambre obscure à Bologne*; Piero Ranfagni : *La méridienne de Toscanelli à Sainte Marie des Fleurs à Florence*; Tom Settle : *Les méridiennes et les instruments de Danti à Sainte Marie Novella à Florence* ; Juan Casanovas S.J.: *Les méridiennes romaines de Danti dans la Tour des Vents et de Bianchini dans l'église de Sainte Marie des Anges*; Ileana Chinnici : *La méridiennes de Piazzì dans la Cathédrale de Palerme*; Laurence Bobis : *Les archives de Cassini à la bibliothèque de l'Observatoire de Paris*; Riccardo Balestrieri : *Un site Web sur les sources de Cassini*; Luca Ciotti : *Actualité de Cassini*.

Il y a donc beaucoup de raisons pour célébrer dignement Cassini en 2005, l'astronome italien de renommée internationale, demandé à Paris par Louis XIV, devenu Directeur de l'Observatoire de la capitale française.

Et à cette occasion, il est opportun de rappeler brièvement l'histoire de sa méridienne de San Petronio, à juste titre, considérée comme l'instrument astronomique le plus grand et le plus perfectionné de la moitié du « Seicento », en Europe.

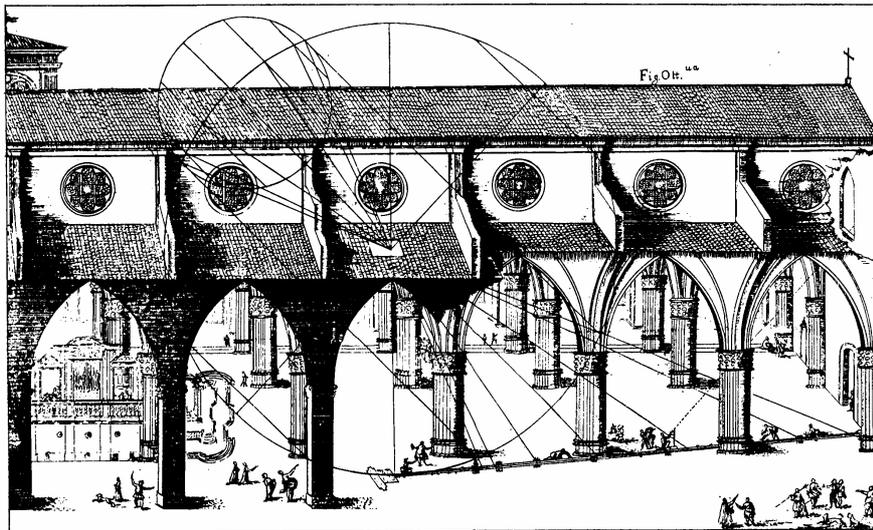
Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) doit sa notoriété internationale à la grande méridienne « Camera Oscura », construite à Bologne en 1655, alors qu'il avait, à peine, trente ans.

Construite pour éclaircir définitivement certains grands thèmes astronomiques, encore présent dans la moitié de ce siècle, elle n'était pas la première construite, dans cette église, qui,

même si elle était adaptée, par ses dimensions, à accueillir un grand instrument solaire. Mais, procédons par ordre...

La fascinante histoire des méridiennes à « *Camera Oscura* » commence vers l'an Mille à Florence. Déjà, depuis plusieurs siècles, on avait remarqué que le calendrier julien n'était pas parfait, c'est-à-dire qu'il n'était plus capable de rendre fixes les dates des moments astronomiques fondamentaux de l'année, comme les solstices et les équinoxes. Pour définir la durée précise de l'année, on avait donc fait, dans le toit du baptistère florentin, un petit oeilleton, qui, au solstice d'été, projetait l'image du Soleil sur le sol, où était dessinée l'image de l'astre. Les recherches astronomiques furent ensuite poursuivies, dans les siècles successifs, directement dans le Dôme de Florence, où Paolo dal Pozzo Toscanelli avait réalisé une méridienne solsticiale, avec un oeilleton à 90 m du sol.

Mais la vraie méridienne « *Camera Oscura* », complète, c'est-à-dire capable de donner, à toutes les périodes de l'année, l'instant de Midi, est due au dominicain, Egnazio Danti (1536 - 1586), qui, toujours à Florence, en commence la construction à l'intérieur de l'église Santa Maria Novella, en 1574. Son protecteur, le grand-duc, Cosimo I, incite le moine à étudier le problème de la perpétuité du calendrier, à en élaborer un nouveau, dans le but futur de lui donner ensuite son nom, afin d'être rappelé, dans les siècles futurs. Mais, le grand-duc meurt cette année-là. Egnazio Danti perd son grand protecteur, et, en même temps, se produit, dans les rapports du moine, une conjuration qui l'oblige à abandonner, immédiatement le Grand-Duché.



À la suite d'une rapide consultation entre les maisons des Dominicains de Florence et de Bologne, on arriva à un accord. Egnazio Danti fut accueilli dans cette dernière ville et il lui fut offert la chaire de mathématiques et d'astronomie, auprès de l'Université locale. C'était un homme, plein d'initiatives, de compétence et de capacité d'élaborer de nouvelles idées et de nouveaux instruments. À Bologne, il traça, en 1575, une première méridienne, dans son couvent; une seconde et meilleure, il la réalisa dans la basilique de S. Petronio. L'oeilleton est installé au sommet du mur qui ferme l'église au Sud et la ligne occupe une bonne partie de la nef centrale. Cette expérience lui procurera beaucoup d'honneur : il fut appelé, peu après, à Rome, par le Pape Gregoire XIII, pour lui faire part de la Commission pour la Réforme du Calendrier, qui s'appellera ensuite, en 1582, « Gregoriano ».

Quatre-vingt années passent et en 1653, le Sénat de Bologne délibère pour prolonger la Basilique de S. Petronio, en lui ajoutant une cloche. Dans l'opération, le mur qui portait l'oeilleton de Danti tomba. Ainsi, la méridienne devint tout à fait inutilisable.

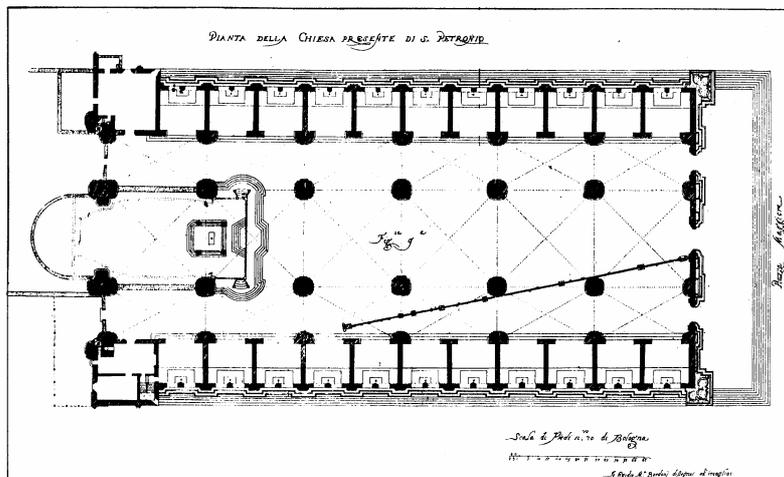
Le ligurien, Giovanni Domenico Cassini occupe, ces années-là, la Chaire d'Astronomie à l'Université de Bologne ; l'occasion le conduit à créer un instrument nouveau et plus grand, capable d'améliorer les données, précédemment, relevées. De plus, il conçut un nouvel oeilleton, sur la

paroi, et le plaça au sommet d'une des anciennes arches de la nef, obtenant ainsi une meilleure stabilité et une plus grande dimension.

La position de l'œilleton doit aussi tenir compte de l'orientation des nefs, pour que la ligne qui sera tracée au sol n'ait plus ensuite à trouver l'obstacle des colonnes, le long de son parcours et puisse, donc, se développer jusqu'à la projection du solstice d'hiver. Cassini examina toutes ces choses, et élabora un projet détaillé qu'il proposa au Sénat de Bologne, et en obtint une pleine approbation.

Le fonctionnement de cet instrument est semblable à celui d'une méridienne horizontale, sur laquelle n'est tracée que la seule ligne de midi ; le gnomon, au lieu d'être un bâton qui engendre l'ombre, est remplacé par une plaque dans laquelle est pratiqué un œilleton. À travers ce dernier, les rayons solaires entrent, en projetant sur le sol une image lumineuse, de la forme d'un ovale, plus ou moins accentué. Et, en somme, le classique phénomène de la « *Camera Obscura* », décrit aussi par Léonard de Vinci, l'œilleton ayant un diamètre inférieur à celui apparent du Soleil, projette, sur le sol, une image précise « rebondie » de l'Astre.

La ligne méridienne se déploie sur le sol à la verticale de l'œilleton et se dirige, avec précision, vers les Nord. Peu après la moitié de la journée, les rayons solaires réussissent à entrer là où se trouve l'instrument, avec le passage des minutes, l'image lumineuse s'approche toujours plus de la ligne. L'instant où elle est centrée correspond au midi vrai local, c'est-à-dire les heures 12 solaires de ce lieu et, en conséquence, l'astre se trouve « *in meridie* ». Dans un tel moment, le Soleil est à sa hauteur maximum sur l'horizon de ce jour, et en parfaite direction Sud, et divise exactement, en deux parties, l'intervalle qui intervient entre l'aube et le crépuscule. La hauteur du Soleil varie d'un jour à l'autre et a comme extrêmes les points projetés sur la ligne, les dates solsticiales : Solstice d'Été (21 juin = distance minimum projetée) et Solstice d'hiver (21 décembre = distance maximum projetée).



De telles dates et de tels points projetés sont normalement indiqués sur la ligne et, dans beaucoup d'autres cas, aussi les projections correspondent aux dates de l'entrée du Soleil dans les différents signes du zodiaque. La méridienne, donc, assume, essentiellement, deux fonctions : elle indique l'instant du Midi et fournit une indication du calendrier, dans la mesure où il y a une étroite relation entre la date et point projeté sur la ligne.

Géométriquement, la méridienne peut être considérée comme un immense triangle. Un côté est représenté par le gnomon vertical, c'est-à-dire par la distance œilleton-sol, auquel, pour la simplicité de calcul, on donne la valeur de 100 unités ou modules. (Le module est la centième partie de la hauteur gnomonique, quelque soit sa mesure correspondante en mètres ou dans d'autres systèmes de mesure). Les rayons solaires, à l'intérieur de l'édifice, forment l'hypothénuse, dont la longueur va du centre de l'œilleton au centre de l'image, projetée sur le sol. Enfin, le côté horizontal est le trait de ligne qui va de la verticale de l'œilleton jusqu'au centre projeté sur le sol.

Cassini appelle cette méridienne « *Eliometro* », parce qu'il veut déterminer la longueur de l'année solaire par la mesure du temps écoulé entre deux passages successifs du Soleil, à l'équinoxe

de printemps, afin de vérifier la justesse de la Réforme du calendrier grégorien. Mais, en particulier, il veut résoudre la discussion astronomique entre ceux qui, selon Aristote et Ptolémée, pensent que le mouvement circulaire et uniforme du Soleil autour de la Terre immobile, et ceux qui pensent, au contraire, selon Copernic et Galilée, que la Terre est en mouvement autour du Soleil et que le mouvement du Soleil est donc seulement apparent.

Le Soleil, en effet, semble se mouvoir, dans le ciel, plus lentement en été qu'en hiver et c'est justement en été qu'on trouve sa plus grande distance de la Terre. C'était cet éloignement qui, selon les anciens, faisait apparaître son mouvement plus lent. Mais la demande au temps de Cassini est : le Soleil semble se mouvoir plus lentement, seulement parce qu'il est plus lointain, ou que son mouvement est réellement plus lent ? Il s'agit donc de vérifier la « seconde loi de Kepler », selon laquelle « la Terre a une vitesse plus grande quand elle est plus proche du Soleil et se meut plus lentement quand elle est plus lointaine ». Il s'agit donc de vérifier la « seconde loi de Kepler », selon laquelle « la Terre a une vitesse plus grande quand elle est plus proche du Soleil et se meut plus lentement, quand elle est plus loin », ou, plus précisément que la ligne qui réunit la planète au Soleil a des intervalles égaux de temps.

Cassini, grâce au grand Éliomètre, vérifie que, dans le cours de l'année, le diamètre du Soleil (donc sa distance à la Terre) ne diminue pas de la même façon que diminue sa vitesse, ce qui signifie que la diminution de la vitesse n'est pas apparente, mais réelle. C'est la première confirmation au monde de la seconde Loi de Képler, observée avec un instrument. Ensuite, avec la méridienne de S. Petronio, Cassini détermina, pour la première fois, de façon presque parfaite, la valeur de la réfraction des rayons solaires et le diamètre apparent du Soleil : ces données seront retenues pendant de décennies et n'ont pas été dépassées.

La qualité des résultats obtenus avec cette méridienne conduisit Cassini à avoir une position de première grandeur parmi les astronomes de son temps. À Paris, justement ces années-là, le Premier ministre Colbert est en train de créer l'Académie dont feront partie les meilleurs scientifiques d'Europe.

Cassini est compris parmi les académiciens et, en même temps, reçoit l'invitation de Louis XIV de se rendre dans la capitale française, pour une brève visite. Le voyage, qui eut lieu en 1669, se transforme en départ définitif quand, peu de temps après, il assumera la charge de Directeur de l'Observatoire de Paris, en construction. Il ne retournera à Bologne qu'en 1695, pour une brève visite, accompagné de son fils Jacques, et procéda, à cette occasion, à une révision globale de l'instrument. De plus, il fit le projet d'un instrument particulier (conservé encore aujourd'hui au Musée de S. Petronio) pour déterminer, avec précision, la latitude locale. À la suite de la visite de Cassini à Bologne, un livre a été édité qui rappelle la construction et l'utilisation de la méridienne et, de plus, le Sénat de Bologne a prévu de faire graver une médaille commémorative, gravée par Ferdinand de Saint Urbain.

La méridienne que nous voyons aujourd'hui dans la basilique de S. Petronio n'est pas celle, originale, de Cassini, mais une fidèle reconstruction et œuvre de l'astronome Eustachio Zanotti, en 1776. Désormais, en ce moment, la ligne est abîmée, les marbres ne sont plus solides, l'œillon n'est plus dans son exacte position. Zanotti prévoit donc de reconstruire l'instrument, en se préoccupant de ne pas changer ses dimensions fondamentales. Récupérant une partie du matériel inventé par Cassini, il replace l'œillon, dans sa position correcte. De là, il descend un fil à plomb, pour déterminer, au sol, le « Point vertical ». Il construit, ensuite, une nouvelle ligne méridienne, au moyen d'un canal d'eau stagnante provisoire, en ne modifiant pas la direction originale, parce qu'elle est reconnue parfaite. La ligne est constituée de plusieurs morceaux de marbre, placés tête-bêche, qui ont, au centre, une rainure, dans laquelle est insérée une bande métallique. Sur les marbres, sont reportées les incisions des observations aux solstices, faites par Cassini, sont placées les plaques, avec les signes du zodiaque et, sur la ligne, on procède à une double série de chiffres. Sur un côté de la ligne, sont reportées les distances modulaires, c'est-à-dire les centièmes parties de la hauteur gnomonique. De l'autre côté de la ligne, sont inscrites les heures et minutes de l'heure italique, pour l'instant de midi.

À Bologne, comme dans le reste de toute l'Italie, jusqu'à la fin du « Settecento », on mesurait le temps, d'une façon toute particulière : toutes les horloges, mécaniques et solaires, devaient indiquer les heures 23,30, au moment du coucher du Soleil. Une demi-heure après, au son de l'Ave Maria, on sonnait les heures 24 : à ce moment, se percevaient les premières étoiles dans le ciel et les portes de la ville étaient fermées jusqu'au matin suivant. Il est donc naturel qu'en utilisant cette façon particulière de mesurer le temps, l'instant de midi arrivait à des moments différents, dans le cours de l'année. Mais, en trouvant une telle indication, incise le long de la ligne, l'opération quotidienne devenait au « Settecento », très simple : il suffisait de placer les aiguilles de l'horloge à la valeur indiquée, à ce moment, sur le marbre, par le Soleil.

En 1758, Domenico Maria Fornasini, sur le côté de la ligne méridienne, réalisa une horloge mécanique particulière, ayant deux cadrans, chacun doté du temps vrai et du temps moyen, afin d'avoir une aiguille pour les heures et deux distinctes pour les minutes. Le cadran de gauche donne l'heure française, tandis que celui de droite donne l'heure italienne. De cette façon, on a la vision simultanée des deux systèmes horaires : le moderne et l'ancien, dont la référence quotidienne est donnée par l'instant auquel l'image du Soleil est au milieu de la ligne. À l'occasion de l'Année de Cassini, grâce à une restauration soignée, les horloges sont, à nouveau, en fonction, assumant le devoir pour lequel ils ont été construits.

La qualité de conservation globale de la méridienne a fait l'objet, en 1904, d'une analyse attentive de la part du Professeur Federigo Guarducci (à l'époque, professeur de Géodésie à l'Université de Bologne) qui a donné un jugement positif. Récemment, l'auteur de ces pages, accompagné d'autres bons chercheurs, a répété l'analyse : on trouve aujourd'hui un sédiment important du plan horizontal, dans la zone, vers le Nord, ayant pour conséquence l'inclinaison de la ligne méridienne, due à des problèmes de baissement du sol. De toutes façons, l'instrument de Cassini est encore, aujourd'hui, dans de bonnes conditions et est capable d'indiquer, avec une bonne précision, l'instant du midi local.

DÉTAILS DE LA MERIDIENNE DE SAN PETRONIO

Latitude = 44° 29' 37.6" N	Longitude = 11° 20' 39.0" E
Hauteur gnomonique = 27.0699 m	1 Module = 270.699 mm
Oeilleton = 27.0699 mm	
Centre de l'image solaire du Point Vertical :	
Solstice d'été = 10.4 m	Solstice d'hiver = 66.7 m
Longueur de l'axe majeur de l'image solaire	
Solstice d'été = 0.31 m	Solstice d'hiver = 1.84 m

BIBLIOGRAPHIE ESSENTIELLE

- E. BAIADA; F. BONOLI; A. BRACCESI: *Museo della Specola*. Catalogo italiano-inglese. Bologna, 1995.
- E. BIEMONT: *Ritmi del Tempo: astronomia e Calendari*. Bologna, 2002.
- F. BONOLI; D. PILIARVU: *I lettori di Astronomia presso lo Studio di Bologna dal XII al XX secolo*. Bologna, 2001.
- A. CASSINI: *Gio. Domenico Cassini. Uno scienziato del Seicento*. Perinaldo, 2003.
- A. CASSINI: *Una avventura tra le stelle. Gio: Domenico Cassini da Perinaldo alla corte di Re Sole*. Perinaldo, 1998.
- G. D. CASSINI: *La Meridiana del Tempio di S. Petronio in Bologna (1695)*. Ristampa a cura di G. Berti e G. Paltrinieri. Bologna, 2000.
- J- HEILBRON: *Tre sun in the church: Cathedrals as solar observatories*. Harvard, 1999.
- G. PALTRINIERI; I. FRIZZONI: *Meridiane e Orologi Solari di Bologna e Provincia*. Bologna, 1995.
- G. PALTRINIERI: *La Meridiana della basilica di S. Petronio in Bologna*. Bologna, 2001.

NB: Les deux gravures de cet article sont extraites du livre de Cassini de 1695, réimprimé en 2000 et cité dans la bibliographie.

Giovanni Paltrinieri, Gnomonista in Bologna

via Giuseppe Dozza n. 3 - 40139 Bologna - tel 051/455403 - e-mail: gpaltri@tin.it



Cadran hélicoïdal de Piet Hein

Par Bernard Rouxel

Joël Robic membre de la commission des cadran solaires de la SAF a attiré récemment mon attention sur le fonctionnement du cadran de Piet Hein implanté à Egeskov (Danemark, conté de Funen).

Ce dernier de forme hélicoïdale (fig.1) a fait l'objet d'un brevet (United States Patent number 5,181,324 du 26.01.1953). Dans ce brevet il est dit qu'il est préférable d'utiliser un hélicoïde droit (right helicoid).

L'hélicoïde droit (ou surface de vis à filet carré):

c'est la surface engendrée par une droite rencontrant à angle droit une hélice circulaire et son axe (fig.2). Son équation paramétrique dans un repère orthonormé est:

$$X=r \cos \theta, Y=r \sin \theta, Z=k \theta$$

où r et θ sont des paramètres arbitraires. Le point $M(r, \theta)$ de l'hélicoïde décrit une hélice quand θ varie seul et une droite parallèle à xoy et coupant Oz si r varie seul. On remarque que l'axe Oz appartient à l'hélicoïde.

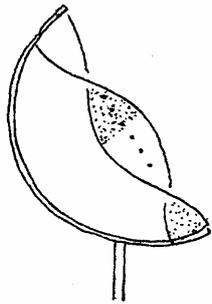


fig 1

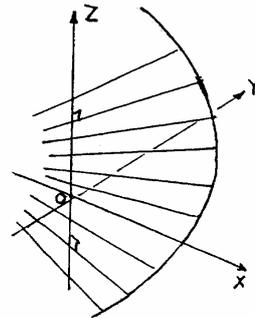


fig 2

Notre problème est d'étudier sur l'hélicoïde H la courbe Γ séparatrice d'ombre et de lumière quand H est éclairé par un point S à l'infini (soleil). Cette courbe est parfois appelée contour d'ombre propre pour S (fig.3). L'axe Oz de l'hélicoïde est naturellement choisi parallèle à l'axe de rotation de la terre. L'hélicoïde possède la propriété suivante: il est invariant par des rotations d'axe Oz suivies de translations parallèles à Oz et proportionnelles aux rotations (déplacement hélicoïdal ou vissage). Ceci entraîne que pendant une journée la courbe Γ est de forme invariable et se déplace à vitesse constante en tournant le long de Oz . Une graduation régulière sur Oz suffit à donner l'heure. Le problème est donc de savoir ce qui se passe pour un autre jour. Pour cela il suffit d'étudier la variation de Γ pour une heure donnée quand la déclinaison de S varie.

Courbe d'ombre propre à midi.

Nous choisissons pour plan xOz le plan méridien du lieu. Le soleil est dans la direction du vecteur

$u=(\cos \delta, 0, \sin \delta)$. En un point M de Γ , SM est tangent à H (sinon tout le voisinage de M serait dans l'ombre ou éclairé, H présentant toutes les propriétés voulues de continuité). S

appartient donc au plan tangent en M (le plan tangent en M à une surface contient les tangentes à toutes les courbes tracées sur H et passant par M). Le plan tangent en M

contient les vecteurs $\frac{\partial M}{\partial \theta}$ et $\frac{\partial M}{\partial r}$. Ce sont les vecteurs tangents à l'hélice et à la droite qui passent par M . On obtient ainsi la condition:

$$\left[u, \frac{\partial M}{\partial r}, \frac{\partial M}{\partial \theta} \right] = \begin{vmatrix} \cos \delta & \cos \theta & -r \sin \theta \\ 0 & \sin \theta & r \cos \theta \\ \sin \delta & 0 & k \end{vmatrix} = k \cos \delta \sin \theta + r \sin \delta = 0.$$

soit $r = -k \cotan \delta \sin \theta$ si $\delta \neq 0$.
 Si $\delta = 0$, on obtient $\theta = 0$ modulo π . (c'est à dire une génératrice de l'hélicoïde).

On obtient ainsi une représentation paramétrique de Γ :

$$X = -k \cotan \delta \cos \theta \sin \theta, Y = -k \cotan \delta \sin^2 \theta, Z = k \theta;$$

On constate que Γ est une hélice tracée sur le cylindre d'équation

$$X^2 + (Y + \frac{1}{2}k \cotan \delta)^2 = \frac{k^2}{4} \cotan^2 \delta$$

Pour avoir une idée du comportement de Γ quand δ varie on peut étudier la projection de Γ sur le plan xOz . Ceci correspond à ce que voit un observateur placé à l'infini sur l'axe des y . On obtient la courbe d'équation

$$X = -\frac{k}{2} \cotan \delta \sin^2 \frac{Z}{k}$$

C'est un morceau de sinusoire ondulant autour de Oz et centrée en O . Quand δ tend vers 0 ces morceaux de sinusoire s'aplatissent sur l'axe Ox (la pente de la tangente à Γ en O est $-\tan \delta$).

Pour $\delta = 0$ la courbe d'ombre propre est l'axe Ox (fig.4).

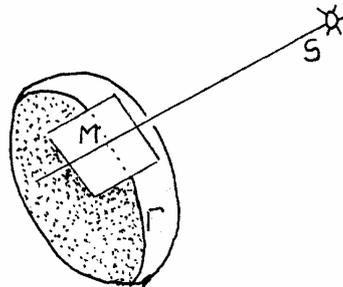


fig3

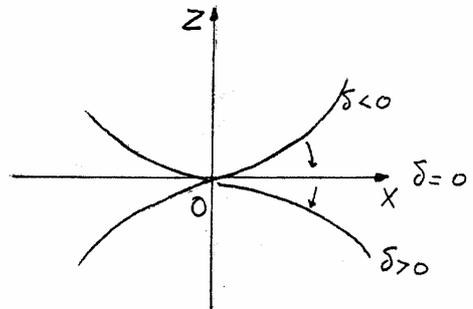


fig4

Ce qui est important c'est que toutes ces courbes passent par O . Donc pour un hélicoïde droit, si l'on gradue régulièrement l'axe Oz cette graduation est valable pour tous les jours, l'heure étant donnée par l'intersection de la courbe d'ombre et de Oz . On peut remarquer d'ailleurs que le plan tangent à H en un point de Oz est déterminé par deux tangentes à des courbes de H passant par ce point: Oz et une génératrice par exemple. Donc le plan défini par le soleil et Oz est tangent à H en un point qui se déplace sur Oz proportionnellement à θ , ce point est nécessairement sur la ligne d'ombre.

Remarque 1.

Les calculs précédents ne sont valables que pour des hélicoïdes droits. En tordant des plaques planes rectangulaires on ne peut espérer obtenir des hélicoïdes droits car des théorèmes de géométrie différentielle établissent que l'hélicoïde droit n'est pas applicable sur un plan !(d'où des problèmes).

Remarque 2.

Naturellement les résultats obtenus ne sont valables qu'au voisinage de l'axe de l'hélicoïde, pour un hélicoïde très large des problèmes d'ombre portée viennent compliquer la situation c'est pourquoi Piet Hein recommande d'utiliser des plaques rectangulaires dix fois plus longues que larges. Si c'est l'ombre portée qui prédomine, on est confronté au problème de l'ombre d'une hélice sur son axe; nous avons déjà évoqué ce problème à propos d'une généralisation des cadrans analemmatiques (Cadran Info 9), la graduation de l'axe doit alors être mobile.



Le CADRAN SOLAIRE et l'OEUF

Par Bernard Rouxel

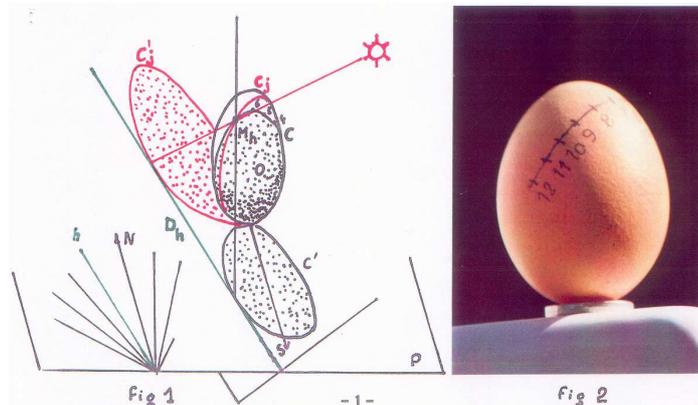
Durant l'été 2005, une reflexion s'est établie autour d'un thème initié particulièrement par MM. G. Baillet, PJ Dallet, P. Gagnaire, J. Robic, D. Savoie, au sujet des cadrans hélicoïdaux, ce qui a permis d'en mieux saisir le fonctionnement. Ceci m'a amené à m'intéresser aux problèmes d'ombre sur les surfaces et m'a conduit vers des cadrans un peu curieux qui semblent être nouveaux.

Le Cadran "ŒUF"

On considère un oeuf O (un galet, une pomme de terre, un petit pois, un menhir, plus généralement un corps convexe) posé sur un plan horizontal P . Si cet oeuf est éclairé par une source lumineuse située à l'infini dans la direction de l'axe de la terre, une partie de l'oeuf est dans la lumière et l'autre dans l'ombre. Ces deux zones sont séparées par une courbe C (courbe d'ombre). L'ombre de l'oeuf sur P est limitée par une courbe que nous désignerons par C' . Les plans tangents en des points de C à O sont parallèles à l'axe de la terre, à une heure h correspond un point M_h de C tel que le plan tangent à O en M_h soit parallèle au plan horaire de tout cadran pour cette heure h . Pour un jour j à l'heure h une partie de l'oeuf est dans l'ombre avec une courbe d'ombre C_j (fig.1). Le rayon du soleil qui passe par M_h est dans le plan tangent en M_h et donc la courbe d'ombre C_j coupe C en M_h ce qui transforme l'oeuf en cadran solaire, l'heure étant donnée par l'intersection de C_j et C préalablement graduée.

Pour les cadrans hélicoïdaux étudiés, la courbe C est l'axe de l'hélicoïde et les courbes C_j sont des hélices.

Toutefois on se rend compte que les courbes C_j sont peu précises (fig.2), aussi on peut penser à utiliser les ombres de l'oeuf sur P .

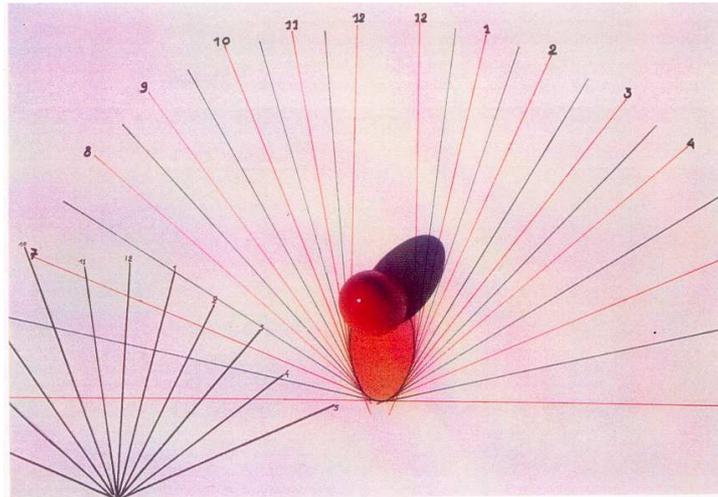


NB: L'ensemble des images 3D de cet article sont issus des simulations réalisées par G. Baillet

Le Cadran à style "d'oeuf"

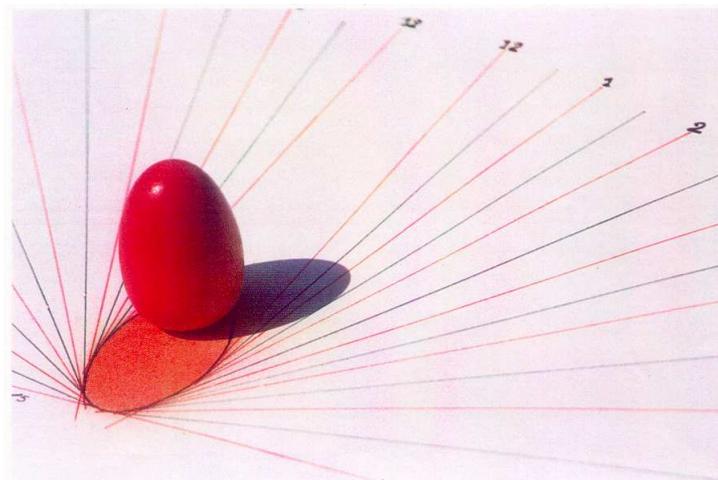
On revient à la fig.1 où l'on considère l'ombre C_j de l'oeuf et la courbe C . Le plan P_h tangent à O en M_h coupe selon une droite tangente à C_j et à C (C_j et C sont du même côté de D_h car O est convexe). D_h est parallèle à la ligne horaire h d'un cadran horizontal auxiliaire que l'on aurait tracé sur P . On peut tracer aisément les lignes D_h à l'aide du cadran auxiliaire et d'une règle à traits parallèles. On peut tracer aussi les lignes des 1/2 heures et des 1/4 d'extérieure aux C_j . On obtient ainsi un cadran semblable au cadran des figures 3 et 4. Le tracé des lignes horaires de ce cadran permet par ailleurs de graduer la courbe C du cadran précédent.

On peut envisager de perfectionner le procédé en remarquant que dans le fond l'oeuf ne sert pas à grand-chose, ce qui compte c'est la courbe C d'où C' et D_h !



▲ Figure 3,

Figure 4 ▼



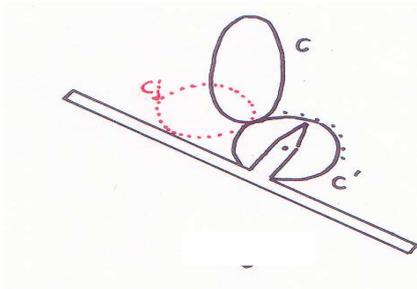
Le Cadran à style elliptique

On considère une courbe C quelconque (pas nécessairement plane mais pourvue d'une tangente en tout point) et sa projection C' sur P parallèlement à l'axe de la terre. On se rend compte facilement que tout ce qui a été dit plus haut est encore valable, l'heure sera encore donnée par la tangente commune à C' et C'' . (On peut remarquer que les C'' appartiennent à

Mener une tangente commune à deux courbes n'est pas toujours évident, aussi peut on essayer de simplifier C' . Si C' est un cercle on pourra utiliser une règle en T dont une tige pivotera autour du centre Ω de C' , la partie mobile située à une distance R de Ω sera en permanence tangente au cercle C' de rayon R (fig.5) quand on amènera cette partie mobile à être tangente à C'' on disposera de Dh , il suffira alors de graduer C' en heures en faisant pivoter de 90° les lignes horaires d'un cadran horizontal auxiliaire centré en Ω .

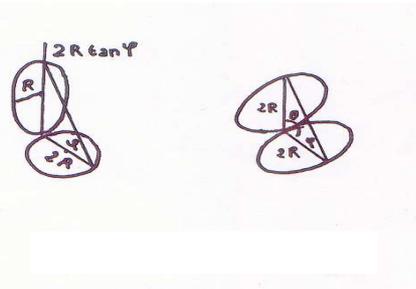
Comment faire pour que C' soit un cercle? Les droites parallèles à l'axe de la terre et rencontrant C , engendrent un cylindre elliptique que l'on coupera par un plan vertical Est-Ouest ce qui donnera une ellipse C . On voit (fig.6) que les axes de cette ellipse sont $2R$ et $2R \tan \varphi$ (où φ est la latitude). On obtient alors le cadran des figures 8 et 9. On peut naturellement aller plus loin et imposer que C soit aussi un cercle, on utilisera pour cela la deuxième famille de plans qui coupe le cylindre selon des cercles; la figure 7 montre que C sera un cercle égal à C' si l'angle θ des plans de C et C' est égal à $2(90^\circ - \varphi)$.

D'autres courbes C peuvent éventuellement être utilisées pourvu que l'on dispose d'un procédé mécanique simple de construction de la tangente à C' . C'est le cas de la parabole dont les tangentes peuvent être obtenues à l'aide d'une équerre dont un côté passe par le foyer.



▲ Figure 5

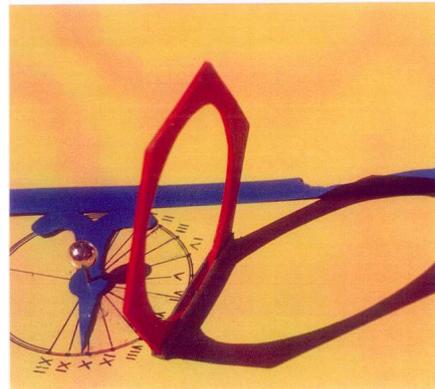
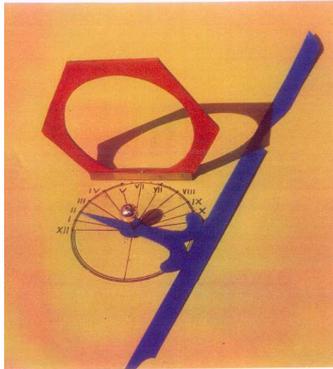
▼ Figure 8



▲ Figure 6

▲ Figure 7

▼ Figure 9



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

Un magnifique film d'animation particulièrement pédagogique et esthétique, qui en partant de la sphère pour arriver à "l'œuf" vous expliquera le mouvement du soleil, vous montrera les projections et le tracé sur une surface ovoïde à différentes époques de l'année et... sous différentes latitudes. Une surprise est réservée au mot "Fin" de ce véritable chef-d'œuvre réalisé par G. Baillet.

Equation du temps et Plus au poignet !!!

Une montre de prestige qui donne jour après jour l'équation du temps, les heures de lever et de coucher du soleil, ainsi que le quantième perpétuel avec une lune "astronomique" (adjectif qui convient également au prix... 69 900,00 €) est une pièce hors du commun.



SOLUTION DU TEMPS
C'est la différence entre l'heure qu'il est et le temps réel en fonction des positions du soleil, de la lune et de la longitude. La montre Jules Audemars affiche sur son cadran par aiguille suspendue l'équation du temps, ainsi que le quantième perpétuel complet. Une pièce en or jaune, mouvement extra-métallique, bracelet en crocodile. Audemars Piguet, 69 900 €.

Chaque montre pouvant être ajustée en fonction du lieu, les cames de lever et de coucher du soleil sont disponibles pour toutes les villes du monde, à l'exception de celles situées au-delà de 55 degrés au nord et au sud. Elles ont été usinées au millième de millimètre.

En dotant la montre d'une "lune astronomique", les maîtres horlogers repoussent la prochaine correction à 2127 pour une montre réglée en 2005, par simple pression sur le correcteur idoine. Le train d'engrenages qui commande l'entraînement de la lune comporte 135 dents au lieu des 59 de la «lune horlogère» habituelle. Cette "lune

Astronomique" indique une lunaison qui diffère de celle de l'astre de la nuit de 57 secondes 1/5 seulement contre 44 minutes 2 secondes 4/5 pour une «lune horlogère».

Mais comme rien n'échappe à nos "cadraniers", P. Goja a relevé dans la revue "Montres Magazine" de décembre/janvier 2005/2006 qui présentait entre autre cette merveille, une définition incorrecte de l'équation qui dépendrait en partie de la longitude et de la lune. Comme quoi... !!!!!

texte d'après P. Gojat & J. Theubet



Un cadran disque

Par J.Robic

Un cadran bien singulier provenant d'une collection particulière, le recto a suscité quelques hypothèses sur son fonctionnement avant d'avoir pris connaissance de son verso. Mais, son mystère n'est peut-être pas complètement élucidé. (voir également l'article de P.J. Dallet "Réalisation d'un cadran disque" dans ce numéro de Cadran Info)



Recto (à gauche) cadran, mode cadran disque.

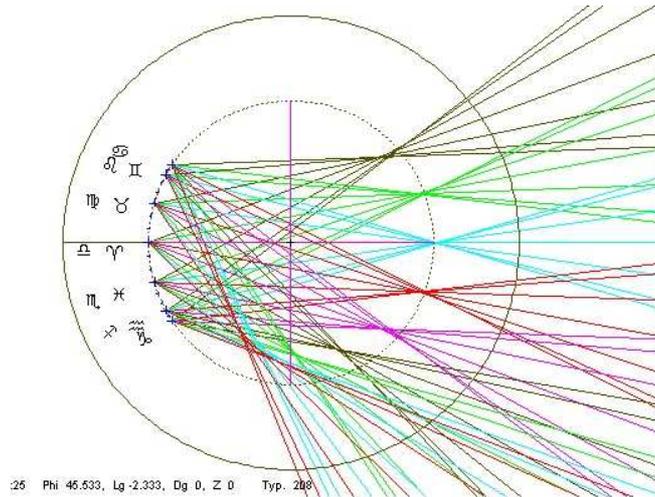
Ce type de cadran rare est connu sous forme de disque. Il est de la famille des cadrans portables, d'almicantarats, à orienter vers le Soleil, style à placer sur une échelle de dates. Il fut réalisé à une date inconnue pour une latitude d'environ 48°N.

Le disque procure les angles horaires obtenus comme par un cadran bague.

Les lettres de gauche correspondent aux mois d'une échelle de dates où placer le style. Elles encadrent des points dates placés sur un arc de cercle. Les angles des points date sont égaux à la déclinaison multipliée par un coefficient calculé, variant de 1 à 2. A droite les heures du matin et du soir encadrent des points horaires placés sur une courbe. Au niveau horizontal I et I (juin et juillet) nous aurions levers 4h, et couchers 8h.

Calcul du cadran

Pour obtenir ces points on trace pour chaque heure, les ombres du style pour chaque déclinaison de signe. Les ombres ne se croisent pas exactement en un seul point, les points moyens sont retenus.



Vous pouvez voir sur le poncif Solarium que ce serait mieux d'utiliser une courbe qui n'est pas un cercle. On peut aussi utiliser une astuce supplémentaire pour diminuer l'erreur : un sens hiver et un sens été.

Verso : renseignements fournis selon le mois



Un disque inférieur est découvert par un disque supérieur percé de guichets disposés en couronnes numérotées.

Il indique :
 Les durées des jours et des nuits (couronne 3)
 Les heures des levés et de coucher du Soleil (couronne 4)
 Le réglage s'obtient en plaçant le mois en cours soit par le nom (couronne 2), le numéro (couronne 5) ou le signe (couronne 1) dans le bon guichet.

Petit problème :
 comment fonctionne le disque 1 ?

Traduction des inscriptions

VM	Pleine lune.
NM	Nouvelle lune.
EV	Premier quartier.
LV	dernier quartier.
F M A etc.	février, mars, etc.
Die zeichen	les signes (zodiaque)
Sonnen aufgang	Lever du Soleil.
Sonnen untergang	Coucher du Soleil.
Nacht lang	durée de la nuit.

Tag lang	durée du jour.
Monat Tage	jour du mois.
Hinfort sol keine Zeit mehr sein	Dès maintenant, le Temps n'est plus.
Apoca- 10.-V 6	Apocalypse... chapitre 10 -versets 5, 6 et 7

(le 1 du chiffre 10 est en forme en champignon comme ailleurs sur le disque).

Alors voici l'Apocalypse, chapitre 10, versets 5, 6 et 7, car la phrase est longue :

« 5 Et l'ange que je voyais debout, sur la mer et sur la Terre, leva sa main droite vers le ciel
6 et jura, par celui qui vit aux siècles des siècles, qui a créé le ciel et les choses qui y sont, la Terre et les choses qui y sont, et la mer et les choses qui y sont, qu'il n'y aurait plus de temps;
7 mais qu'aux jours de la voix du septième ange, quand il sonnerait de la trompette, le mystère de Dieu s'accomplirait, comme il l'a annoncé à ses serviteurs, les prophètes. »

Quelques questions ou hypothèses sur ce cadran

Le petit disque central mystérieux

Il semble n'être qu'un aide-mémoire pour mettre en correspondance :

- les 29,5 jours de la lunaison
- les quantités du mois en cours (31 jours) sur la couronne extérieure visible par le guichet
- les jours de la semaine qui leur correspondent :
Dimanche = soleil, Lundi = lune ...

Un cadran lunaire ?

On a imaginé que ce disque puisse servir à corriger la lecture de l'heure avec l'âge de la lune afin de transformer ce cadran en cadran lunaire

Mais, comment fonctionnerait-il ?

Un calendrier perpétuel ?

Le verso pourrait être un calendrier perpétuel mais sans indication de l'année. Le calcul se ferait à l'aide d'une table d'épacte : âge de la lune au 1er janvier.

Un lien pourrait exister entre les 2 faces.



A suivre ...

Je mettrai à jour les nouveautés concernant ce cadran sur ma page :

<http://perso.wanadoo.fr/cadran.solaires/cadran/cadran-disque.html>

Avec bientôt une suite imprévue à ce cadran.



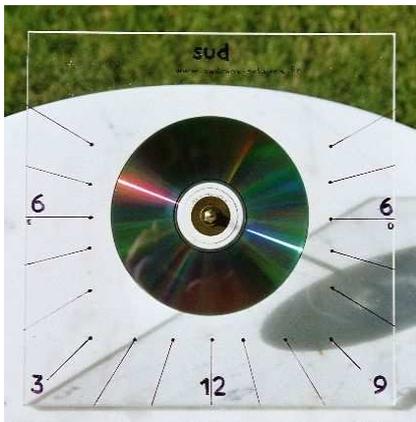
2 Cadrans à base de CD Roms

Par R. Robic

Oui les CD Roms usagés peuvent avoir une seconde vie la preuve: ils sont capables de d'indiquer l'heure.

Le premier est un cadran équatorial sans style ni ombre.

L'heure est lue grâce au reflet du soleil quand on se tient juste en face du CDROM



Le deuxième est un prototype mobile de 46 CDs qui se balancent dans le vent en scintillant.

Pour lire l'heure, on cherche quelle paire de CDs fournit le bon reflet quand on se place en face.



Les principes



CDROMs au soleil

Si vous observez des CDs dans le soleil, vous notez des reflets de couleur arc-en-ciel et surtout une ligne principale sur chaque CD. Ces effets d'irisation sont dus à un phénomène de réfraction de la lumière sur un réseau de lignes étroites et parallèles. On peut voir que la direction de ces lignes principales n'est pas constante, mais dépend à la fois de la position du soleil et de la position de l'observateur.

Vous trouver une information détaillée sur ce phénomène dans l'article de Cadran Info cité en référence.

Mais alors ?

Comment faire un cadran solaire avec un ensemble de CDROMs ?

La solution que je propose associe différents principes :

- utiliser les lignes principales

démonstration avec **le premier cadran**, équatorial

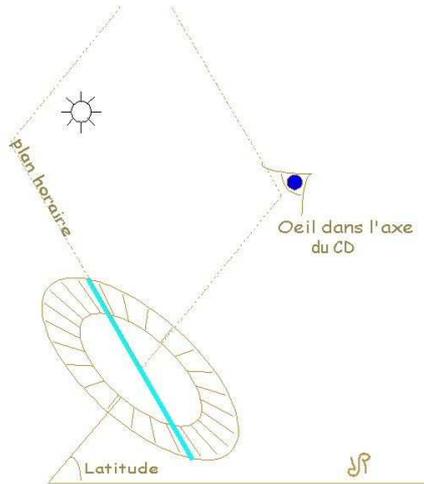
- utiliser des CDs différents pour les différentes heures

le prototype conique montre les difficultés rencontrées mais aussi la solution :

- séparer les CDs ... et les laisser mobiles dans le vent
on aboutit ainsi au **cadran mobile à 46 CDROMs**

Démonstration avec un cadran Equatorial

L'idée d'un cadran CDROMs n'est pas nouvelle (voir en référence), et le principe est d'utiliser le reflet principal comme l'ombre du style d'un cadran plus classique.

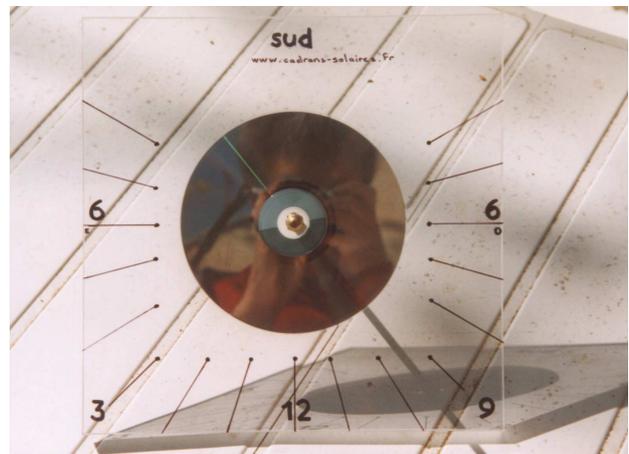


La direction de la ligne dépendant à la fois de la position du soleil et de la position de l'observateur, une solution simple consiste à placer l'œil de l'observateur sur la ligne pointillée perpendiculaire au CD, sur l'axe polaire. C'est assez facile à contrôler avec le reflet de l'œil de l'observateur au centre du CD. Dans ce cas, le soleil, l'œil de l'observateur et la ligne sur le CD sont dans le même plan horaire.

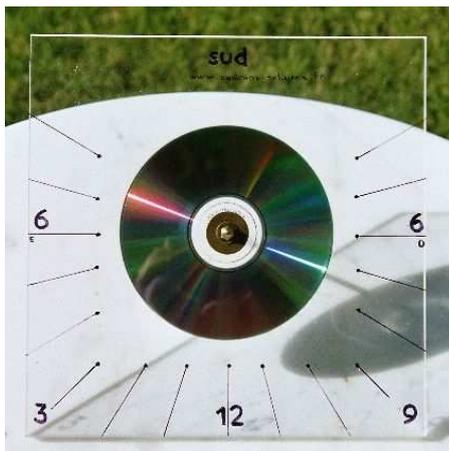
Le plan du CD est placé parallèle au plan équatorial terrestre. Cette position est dite équatoriale.

Son support est lui-même le disque d'un cadran équatorial avec ses graduations horaires.

On peut en voir la démonstration ci-contre : on voit que l'ombre du style masque la moitié du reflet irisé.



Réalisation du premier cadran



Une longue vis en laiton sert de support au plateau équatorial transparent et permet son réglage en fonction de la latitude.

Des rondelles permettent de centrer le CD sur le support. La lumière du soleil est réfléchiée par une fine droite de lumière décomposée, à la place on verrait l'ombre du style polaire.

Aucune inscription sur le CD, les repères sont sur le support.

Variantes

CD perpendiculaire au style d'un cadran vertical (Figure 1) . Il fonctionne en hiver lorsque le soleil l'éclaire. En été, on voit ici qu'il fonctionne aussi, la ligne de réfraction apparaît par transparence, et on constate que la moitié du reflet est bien cachée par l'ombre du style, comme pour la démonstration.



Figure 1

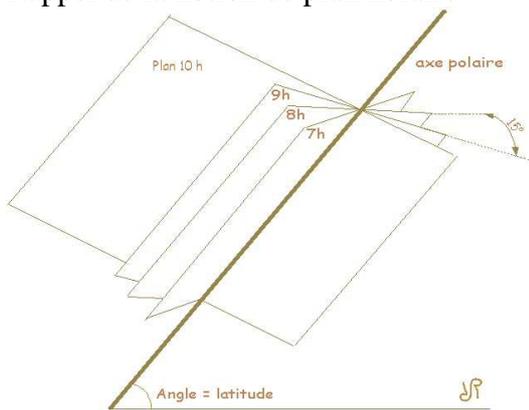


Figure 2

Version nostalgique (figure 2), avec un 33 tours en vinyle, au centre un CDROM. On voit que les réfractions du vinyle et du CD sont bien alignées.

Un prototype conique, ou plutôt ... comique

Rappel de la notion de plan horaire

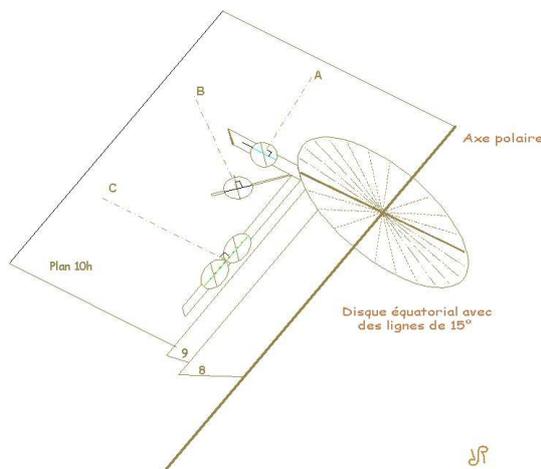


Le plan horaire est le plan défini par les différentes positions du soleil pour chaque heure tout au long de l'année.

Chaque plan horaire tourne d'un angle de 15° autour de l'axe du monde par rapport au plan horaire précédent. Le plan de midi étant confondu avec le plan-méridien du lieu.

(Voir en références d'autres cadrans utilisant ce principe).

Les cadrans qui suivent sont constitués de CDs positionnés en fonction des plans horaires.



Pour chaque heure, ci-contre 10h, le CD est positionné de façon à ce que son axe principal soit dans le plan horaire, ce qui peut être défini de plusieurs façons :

A – comme pour le cadran équatorial précédent

B – avec une ligne sous le CD

C – en utilisant 2 CDROMs

Pour lire l'heure, l'œil doit être situé dans le plan horaire : perpendiculaire aux CD sur l'une des lignes pointillées (positions A, B ou C).

Réalisation



Première tentative :

Nous positionnons un disque de cadran horizontal qui sert de support au cadran entier. Pour chaque heure, le support du CD est placé perpendiculairement au plan horaire, de cette façon, l'axe normal au CD (et donc l'œil de l'observateur) se situe dans le plan horaire.

Pour lire l'heure, il faut trouver sur quel CD le reflet du soleil se trouve dans la bonne direction, c'est à dire aligné avec le support quand l'observateur se place comme indiqué précédemment.

Deux problèmes avec ce prototype :

- certains CDROMs peuvent se faire de l'ombre

=> ce serait mieux de séparer les CD

- l'observateur aussi peut faire de l'ombre

=> ce serait mieux avec des CDROMs plus verticaux

Mais aussi une nouvelle idée intéressante :

=> utiliser des charnières pour positionner correctement les cadrans.

Ce qui nous permet de trouver une nouvelle solution

Cadran mobile à 46 CDROMs

Ce prototype met en oeuvre les suggestions précédentes avec 2 nouvelles améliorations :

Utiliser encore plus de CDROMs



On double le nombre de CDs avec la méthode à double CDROMs

A gauche

Les CDs sont dans le bon plan horaire : la ligne se prolonge d'un CD sur l'autre

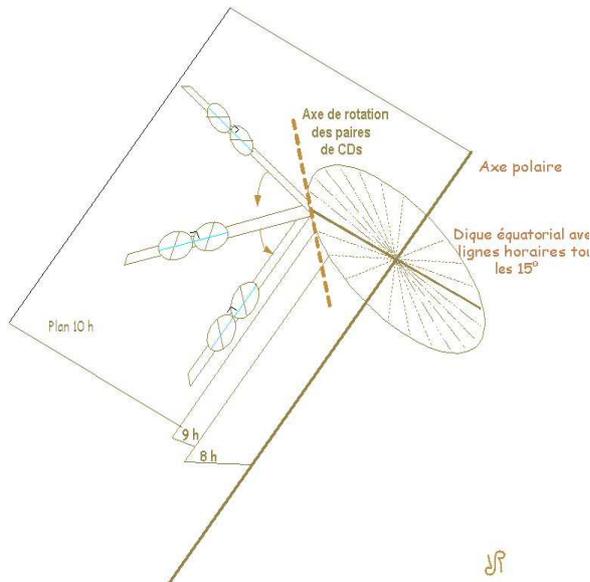
A droite

Les CDROMs ne sont pas bien alignés

Laisser les CDROMs bouger

L'autre intérêt de ce cadran est de laisser les CDROMs se balancer dans le vent et de créer ainsi différents reflets aux couleurs d'arc-en-ciel toujours changeantes.

Pour positionner les CDROMs correctement, il faut laisser une articulation autour d'un axe perpendiculaire au plan horaire comme indiqué sur le schéma.



Pour réaliser un positionnement correct, on reprend les principes du prototype mais :

- en séparant bien les CDROMs des différentes heures
- en remplaçant l'attache fixe par une charnière, de façon à permettre une mobilité du support des CDROMs perpendiculaire au bon plan horaire

On aboutit alors un nouveau type de cadran que l'on peut classer ainsi :
La forme géométrique : « ensemble de CDROMs »

La famille : « à plusieurs styles qui sont des parties de plans horaires »

Le type : « mobile à CDROMs »

Mon prototype expérimental

On peut construire différents cadrans selon les principes exposés précédemment. Celui que je propose est destiné à être installé dans un jardin, sous une pergola par exemple, aussi j'ai utilisé du bois de jardin pour positionner les éléments horaires indépendants.



Le cadran indique ici 10h
les reflets des 2CDROMs sont bien alignés quand on se place en face de la colonne 10

On peut voir ici la plupart des secrets de la construction du cadran, comment les CDs sont mobiles dans leur plan horaire :

- certaines heures (ici : 10 11 12 1 2) sont groupées ensemble sur un même support en bois
- chaque support est incliné par rapport à l'horizontale d'un angle de $= 90^\circ - \text{latitude}$

(ici $90^\circ - 48^\circ = 42^\circ$)

- chaque support est orienté Est-Ouest, ici dessous la pergola
 - l'angle de 42° et la direction Est-Ouest sont ajustées par un prisme entre le support et la partie horizontale de la pergola
 - les charnières sont perpendiculaires aux plans horaires
- (15° entre chaque plan et plein sud pour 12h)

Lecture de l'heure

L'observateur doit se positionner successivement en face de chaque paire de CD (en voyant le reflet de son oeil au centre d'un CD), Si la ligne brillante se prolonge exactement d'un CD à l'autre, c'est le bon plan horaire, et l'heure indiquée est la bonne. Sinon, il faut passer à une autre paire de CDs.



11h non,



midi non, mais on s'approche



1h on y est presque



2h trop tard

On procède par tâtonnement : ci-dessus, il est 1h passée, environ 1h 20.



Les CDs à l'arrière ne servent pas à la lecture de l'heure mais à la beauté du mobile
On voit les CDROMs se balancer dans le vent (supports perpendiculaires à leur plan horaire)



Variante : méridienne de midi vrai local

les CDs se déplacent perpendiculairement
au méridien (support vertical)

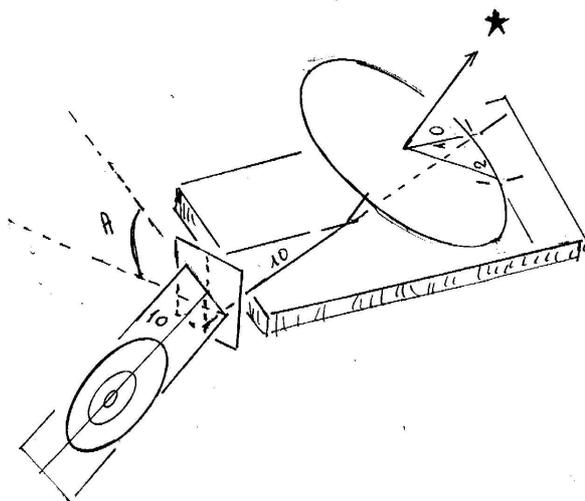


Variante : heures regroupées (10 11 12 1 2)

entre les rosiers "Albertine" et "Red
Parfum"

Compléments sur la position des CDROMs

Dans le cadran précédent, l'axe a été positionné par construction d'un cadran équatorial divisé en 24 heures, cette construction n'est pas obligatoire si l'on connaît l'angle « A » formé avec le plan horizontal et la déclinaison gnomonique « D » des charnières.



Les charnières sont contenues dans un plan perpendiculaire aux droites d'heures du « cadran horizontal support » .

Elles forment avec un plan horizontal un angle obtenu par la formule :

$$\sin A = \cos \varnothing \sin H$$

exemple pour $\varnothing = 48^\circ$, $H = 90^\circ$, nous obtenons $A = 42^\circ$

pour $\varnothing = 48^\circ$, $H = 45^\circ$, nous obtenons $A = 28.24^\circ$

La déclinaison gnomonique du plan vertical contenant les charnières est obtenu par la formule

$$\tan D = \sin \varnothing \tan H$$

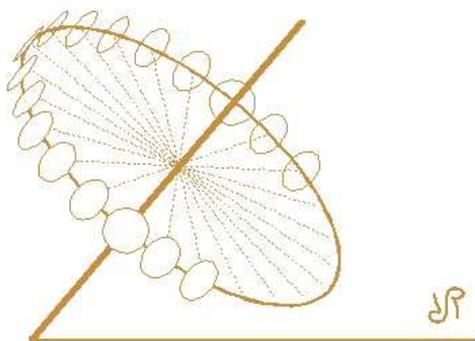
soit la direction des lignes horaires du cadran horizontal équivalent.

Nouveaux projets de même famille de cadrans

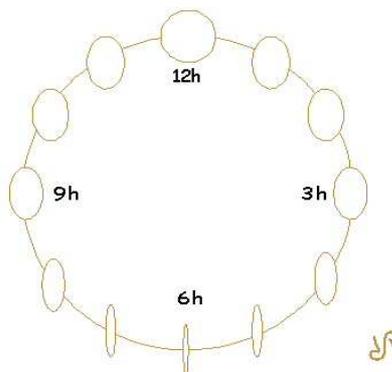
Rappel de la classification proposée :

- La forme géométrique : « ensemble de CD ROM »
- La famille : « à plusieurs styles qui sont des parties de plans horaires »

Le cadran déjà présenté est de type : « mobile à CDROM ». Dans cette famille, on peut imaginer d'autres types de cadrans, voici mes projets :



Type : « Cadran équatorial à CDROMs »



Type « Horloge verticale »



Type « Cadran à CDROMs sur axe polaire »
Chaque CD est décalé de 1h (15°) du précédent

Autres variantes :

On peut aussi installer autour de ces cadrans une série d'oculaires, ils seraient constitués de plaques verticales portant une fente de visée inclinée. La fente de visée contiendrait le plan horaire auquel elle correspond.

Ces oculaires porteraient les chiffres des heures. Les visiteurs chercheraient la fente par laquelle la ligne de lumière décomposée se prolonge d'un CD à l'autre

Et bien entendu, tous ces cadrans sont très utiles comme épouvantails à étourneaux près des cerisiers, même lorsqu'il n'y a pas de soleil.

Références

° Cadrans CDROMs

L'article qui explique en détail le principe de la réfraction sur CDROM et la réalisation d'un cadran Mario Catamo et Cesare Lucarini,

Article original dans le North American Sundial Society (The Compendium, Sept. 1999, pp 19-23) traduit et annoté par Dominique Collin dans Cadran Info 7

FerJ De Vries

<http://www.de-zonnewijzerkring.nl/werk-arch/eng-home-werk-04-06.htm>

° Famille : « à plusieurs styles qui sont des parties de plans horaires » (en anglais - « shadow plane sundials »):
The compendium

<http://sundials.org/publications/sample/three.pdf>

FerJ De Vries

<http://home.iae.nl/users/ferdv/shadow.htm>

Franz Maes - Genk

<http://www.fransmaes.nl/genk/en/gk-zw10-e.htm>

Cadran à corde, sur mon site

<http://perso.wanadoo.fr/cadrans.solaires/cadrans/cadran-corde.html>

° Autres cadrans à réfraction:

La page de référence sur le site de John L.Carmichael

http://advanceassociates.com/Sundials/Stained_Glass/sundials_EGP.html

Et aussi mes nouveaux projets sur mon site de cadrans solaires originaux :

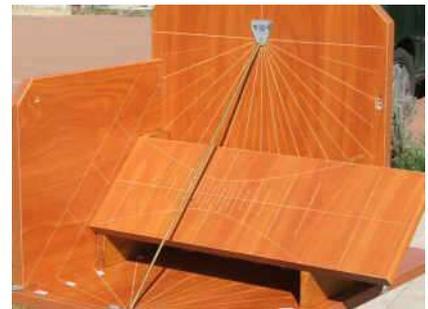


www.cadrans-solaires.fr

Variation autour d'un style...



Un cadran vertical méridional, Un cadran équatorial
un horizontal, un oriental



Cadrans calculés pour
Le Poinçonnet dépt 36 latitude 46°
46' 10" Nord, longitude 1°43' Est).

Un cadran polaire

Réalisation de BRIALIX Michel



Œilleton, tache lumière, méridienne

Par Denis Savoie

Si beaucoup de méridiennes comportent une lentille à grande focale, il n'est pas inintéressant de calculer qu'elles sont les dimensions de la tache de lumière projetée au sol ou sur un mur par un œilleton ne comportant pas de lentille. Cela peut trouver des applications dans le cas des cadrans solaires "intérieurs" où une tache lumineuse se déplace dans une pièce ou un bâtiment. C'est aussi l'occasion de vérifier l'ancienne règle des constructeurs de méridiennes qui prenaient un diamètre de l'œilleton égal au millième de sa hauteur.

De plus, de nombreux cadrans solaires verticaux comportent un style polaire terminé par un œilleton et on se demande souvent quel diamètre lui donner. Avec les formules suivantes, il est possible de calculer les dimensions d'une tache de lumière issue d'un tel œilleton.

1 – Calculs préliminaires

Pour tous les cas de figures développés ici, on doit d'abord calculer les quantités suivantes.

Soit r le diamètre d'un œilleton circulaire de centre K situé à une distance a du plan considéré (sol, mur). Soit R le demi-diamètre du Soleil ; celui-ci varie de $0^\circ 16' 16''$ début janvier à $0^\circ 15' 44''$ début juillet, soit près d'une demie-minute d'arc de variation. En général¹, on prend $R = 0^\circ 16'$.

On utilise deux angles intermédiaires α et α' : pour le diamètre du Soleil, α est compté depuis le bord supérieur (noté Z sur la figure 1) dans le sens trigonométrique de 0° à 360° (en regardant l'œilleton depuis l'extérieur). Pour l'œilleton, α' est compté depuis le bord supérieur, également dans le sens trigonométrique. On a $\alpha' = \alpha + 180^\circ$.

On appellera h la hauteur du photocentre du Soleil, h_v sa hauteur apparente (c'est-à-dire affectée par la réfraction) et h'_v la hauteur apparente d'un bord du Soleil. ϕ étant la latitude du lieu, δ la déclinaison du Soleil, H son angle horaire, on a :

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H \quad h_v = h + \text{réfraction} \quad h'_v = h_v + R \cos \alpha$$

La réfraction, en minute de degré, se calcule par : $R = 1.02 / [\tan (h + 10.3 / (h + 5.11))]$

La valeur obtenue est celle correspondant à une pression atmosphérique de 1010 millibars et une température de 10° Celsius². La réfraction atteint environ $3'$ pour des valeurs de la hauteur du Soleil voisines du solstice d'hiver sous nos latitudes.

¹Si l'on veut être plus rigoureux, on peut calculer le demi-diamètre apparent du Soleil par: $R = 16' + 16'' \cos M$

M étant l'anomalie moyenne du Soleil ($0^\circ < M < 360^\circ$) que l'on calcule par :

$M = 357^\circ,528 + 0^\circ,9856003 * T$, T étant le temps compté en jours depuis J2000.0 12 h UT.

²Pour d'autres valeurs de la température T et de la pression P , on multiplie la réfraction par un terme

correctif : $correction = \frac{P}{1010} \times \frac{283}{273 + T}$.

Comme le Soleil n'est pas ponctuel, on doit faire intervenir l'azimut de son bord; soient A l'azimut de son photocentre et dA l'azimut d'un point de sa circonférence. On a :

$$\cos dA = (\cos R - \sin h'_v \sin h'_v) / (\cos h'_v \cos h'_v). \text{ Si } 0^\circ < \alpha' < 180^\circ, \text{ alors } dA = -dA.$$

L'azimut du photocentre du Soleil se calcule par:

$$\tan A = \sin H / (\sin \phi \cos H - \cos \phi \tan \delta). \text{ A étant du même signe que H.}$$

Le principe du calcul est le suivant (fig.1): un rayon solaire issu d'un point du bord du Soleil rencontre un point opposé d'un bord de l'œilleton avant d'arriver sur la surface. On cherche les dimensions de la tache de lumière en faisant tourner un rayon fictif autour du Soleil et autour de l'œilleton, donc en engendrant un cône. Ce cône coupe le plan considéré en donnant une tache de lumière.

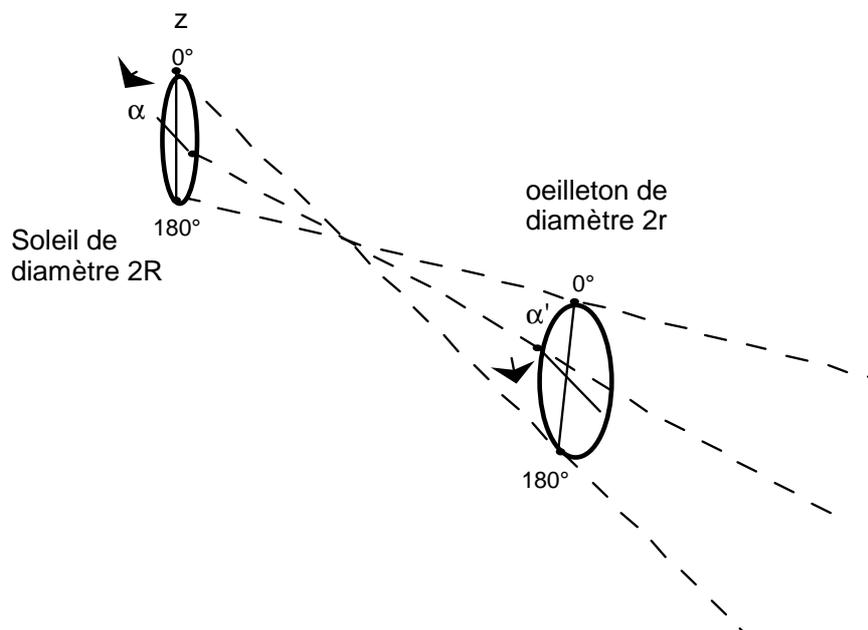


Figure 1

2 – Cas d'un œilleton vertical: image au sol

Soit un mur de déclinaison gnomonique D percé d'un œilleton situé à une hauteur a du sol (fig. 2). Pour calculer les coordonnées X et Y de l'enveloppe de l'image du Soleil au sol, comptées depuis le pied de l'œilleton (axe des X dirigé vers l'Est, axe des Y vers le Nord), on calcule :

$$X = x' \cos D + y' \sin D$$

$$Y = -x' \sin D + y' \cos D \quad \text{avec}$$

$$x' = a' \sin (A + dA - D) \cotan (h'_v) - r \sin \alpha'$$

$$y' = a' \cos (A + dA - D) \cotan (h'_v)$$

et $a' = a + r \cos \alpha'$, a' étant la hauteur d'un point du bord de l'œilleton.

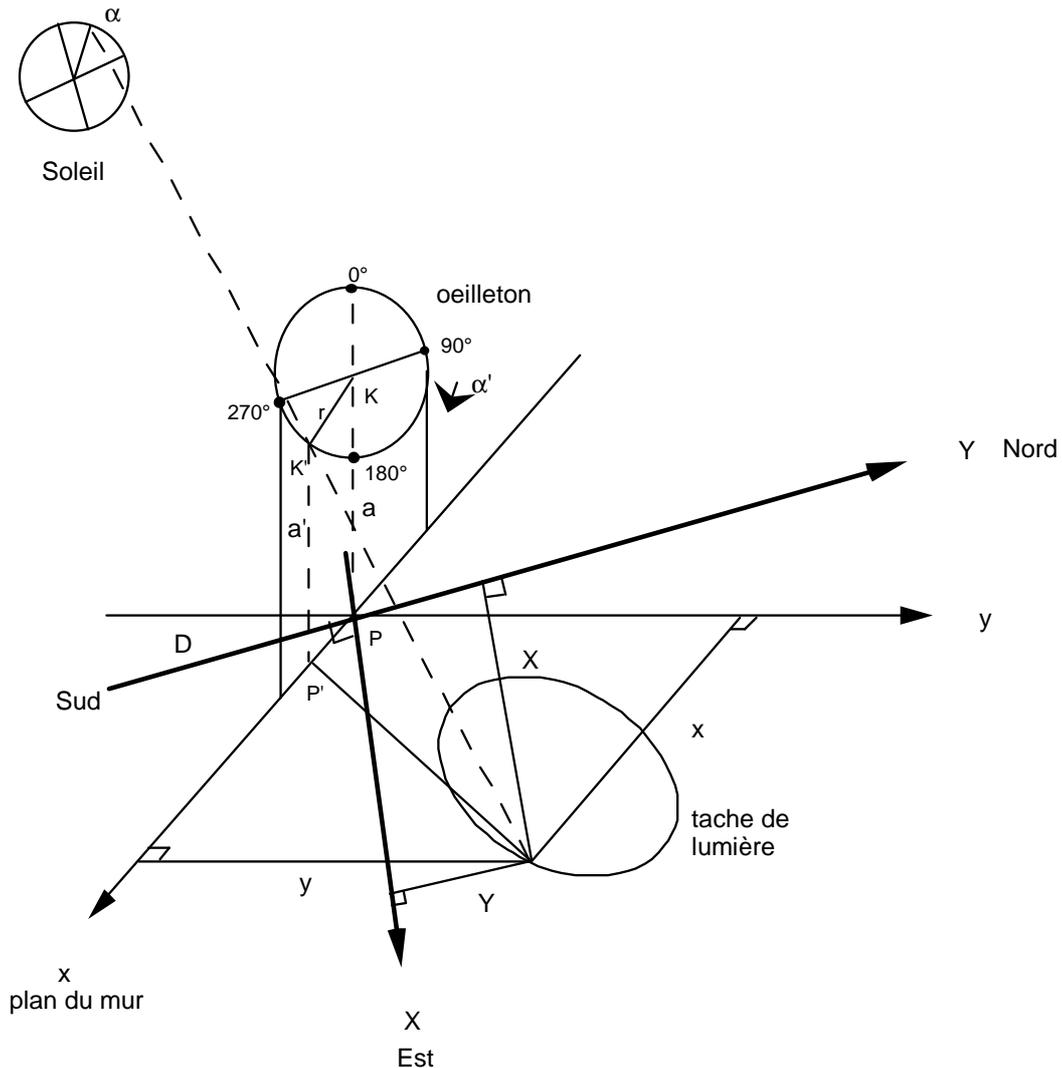


Figure 2

Si l'on ne s'intéresse qu'à l'image du Soleil à midi vrai, on a $A = 0^\circ$. Mais on peut aussi calculer l'image du Soleil à midi moyen ($H = -E$, E étant l'équation du temps) ou à midi UT voire à n'importe quel autre instant de la journée.

L'image du Soleil au sol est plus ou moins elliptique selon le diamètre de l'oeilleton, l'heure et la date. Mais la différence entre l'image au solstice d'été et celle du solstice d'hiver est considérable, surtout si l'oeilleton est placé loin du sol.

On obtient les dimensions maximales de la tache de lumière en x en faisant $\alpha' = 90^\circ$ et 270° , et les dimensions maximales en y en faisant $\alpha' = 0^\circ$ et 180° .

Exemple 1 : soit un oeuilleton placé sur un mur vertical méridional dont les paramètres sont $\phi = 48^\circ$, $D = 0^\circ$, $a = 800$ cm, $r = 1$ cm (diamètre = 2 cm). Calculons des points de son image au sol le jour du solstice d'hiver ($\delta = -23^\circ,439$ et $R = 0^\circ 16' 16''$) à midi solaire ($H = 0^\circ$).

On a par exemple :

$\alpha' = 0^\circ$; $A = 0^\circ$; $h = 18^\circ,561$; réfraction = $0^\circ 2' 58''$; $h_v = 18^\circ,61038$; $h'_v = 18^\circ,33927$; $dA = 0^\circ$; $a' = 801$ cm; d'où $X = 0$ cm et $Y = 2416,4$ cm.

$\alpha' = 90^\circ$; $A = 0^\circ$; $h = 18^\circ,561$; réfraction = $0^\circ 2' 58''$; $h_v = 18^\circ,61038$; $h'_v = 18^\circ,61038$;
 $dA = -0^\circ,28607$; $a' = 800$ cm; d'où $X = -12,86$ cm et $Y = 2375,7$ cm.

$\alpha' = 300^\circ$; $A = 0^\circ$; $h = 18^\circ,561$; réfraction = $0^\circ 2' 58''$; $h_v = 18^\circ,61038$; $h'_v = 18^\circ,47483$;
 $dA = 0^\circ,24764$; $a' = 800,5$ cm; d'où $X = -11,22$ cm et $Y = 2395,91$ cm.

Dans le cas présent, on obtient une tache très elliptique de 80,29 cm de long sur 25,72 cm de large. Au même instant au solstice d'été ($\delta = +23^\circ,439$), la tache ne fait plus que 10,05 cm de large sur 9,76 cm de long, soit quasiment un cercle. Si maintenant on applique la règle "du millième", l'oeilleton fait donc 0,8 cm de diamètre (puisque $a = 800$ cm), soit $r = 0,4$ cm. Au solstice d'hiver à midi solaire, la tache de lumière mesure 76,7 cm de long sur 24,52 cm de large. Par rapport à un œilleton de 2 cm, le changement est donc très faible.

Prenons maintenant un œilleton beaucoup plus grand avec 20 cm de diamètre et calculons les dimensions maximales de la tache au solstice d'hiver à midi solaire. Dans ce cas, la tache mesure 133,76 cm de long sur 43,72 cm de large.

Exemple 2 : soit un œilleton placé sur un mur vertical déclinant dont les paramètres sont $\phi = 48^\circ$, $D = 30^\circ$, $a = 800$ cm, $r = 1$ cm (diamètre = 2 cm). Calculons des points de son image au sol le jour du solstice d'été ($\delta = 23^\circ,439$ et $R = 0^\circ 15' 44''$) pour $H = 40^\circ$. On a par exemple :

$\alpha' = 0^\circ$; $A = 66^\circ,52321$; $h = 49^\circ,98624$; réfraction = $0^\circ 0' 51''$; $h_v = 50^\circ,00042$; $h'_v = 49^\circ,73819$;
 $dA = 0^\circ$; $a' = 801$ cm; d'où $X = 622,22$ cm et $Y = 270,25$ cm.

$\alpha' = 90^\circ$; ; $A = 66^\circ,52321$; $h = 49^\circ,98624$; réfraction = $0^\circ 0' 51''$; $h_v = 50^\circ,00042$; $h'_v = 50^\circ,00042$;
 $dA = -0^\circ,40795$; $a' = 800$ cm; d'où $X = 612,92$ cm et $Y = 272,3$ cm.

3 – Cas d'un œilleton vertical : image sur un mur

L'image du Soleil passant par l'œilleton peut dans certains cas se projeter sur un mur. On supposera que le mur sur lequel se projette la tache de lumière est parallèle au mur qui contient l'œilleton (donc l'œilleton est vertical). Soit D la déclinaison gnomonique des deux murs; appelons a la distance de l'œilleton de centre K au mur (fig. 3).

Les coordonnées X et Y de l'enveloppe de la tache de lumière, depuis le pied du style droit P , s'obtiennent par (axe des X vers la droite, Y vers le haut) :

$$X = [a(\cos D \tan (A + dA) - \sin D)/(\cos D + \tan (A + dA) \sin D)] + dx$$

$$Y = - [a \tan h'_v/(\cos (A + dA - D))] + dy$$

Avec $dx = -r \sin \alpha'$ $dy = r \cos \alpha'$

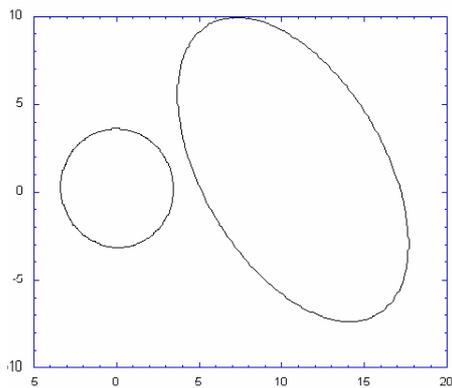
Exemple : en prenant comme paramètres $\phi = 48^\circ$, $D = +30^\circ$, $a = 500$ cm, $r = 1$ cm, $R = 0^\circ 15' 44''$, $H = 45^\circ$, $\delta = +23^\circ,433$, réfraction = $57''$, on a :

$$\alpha' = 180^\circ \quad X = 443,64 \text{ cm} \quad Y = -721,23 \text{ cm}$$

$$\alpha' = 270^\circ \quad X = 450,67 \quad Y = -717,93$$

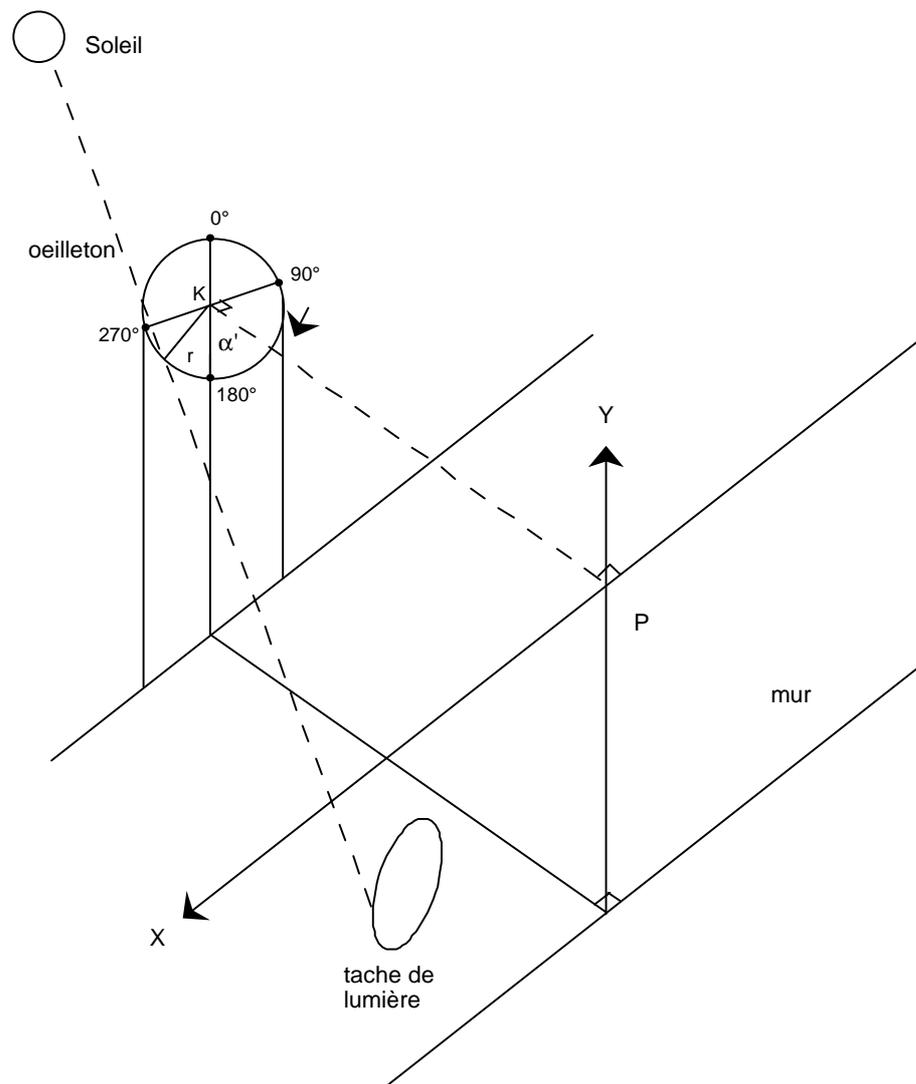
$$\alpha' = 0^\circ \quad X = 443,64 \quad Y = -706,14$$

$$\alpha' = 90^\circ \quad X = 436,7 \quad Y = -709,45$$



Sur la figure ci-contre (valeurs en cm), on a représenté à gauche la tache de lumière pour $H = 45^\circ$ en été (avec les paramètres de l'exemple) et à droite la même tache pour $H = 45^\circ$ mais en hiver.

Figure 3 ▼



4 – Cas d'un oieillon horizontal : image au sol

Dans le cas d'un oieillon horizontal, placé sur un toit par exemple, à la distance a du sol, on procède comme précédemment (fig. 4). Les coordonnées X et Y de la tache de lumière au sol s'obtiennent par :

$$X = a \sin (A + dA) \cotan (h'_v) - r \sin \alpha'$$

$$Y = a \cos (A + dA) \cotan (h'_v) + r \cos \alpha'$$

Exemple : en prenant les paramètres $\phi = 48^\circ$ et $\delta = -23^\circ,439$ mais en supposant que l'oeilleton est horizontal, à 800 cm du sol, on a :
 $H = 0^\circ$; $A = 0^\circ$; $h = 18^\circ,53205$; réfraction = $0^\circ 2' 58''$; $h_v = 18^\circ,61143$; $R = 0^\circ 16' 16''$. Si $\alpha = 60^\circ$, on a $h'_v = 18^\circ,74692$; $dA = 0^\circ,24774$; d'où $x = 11,06$ cm et $y = 2357,62$ cm. La tache de lumière mesure 72,31 cm de long sur 25,72 cm de large.

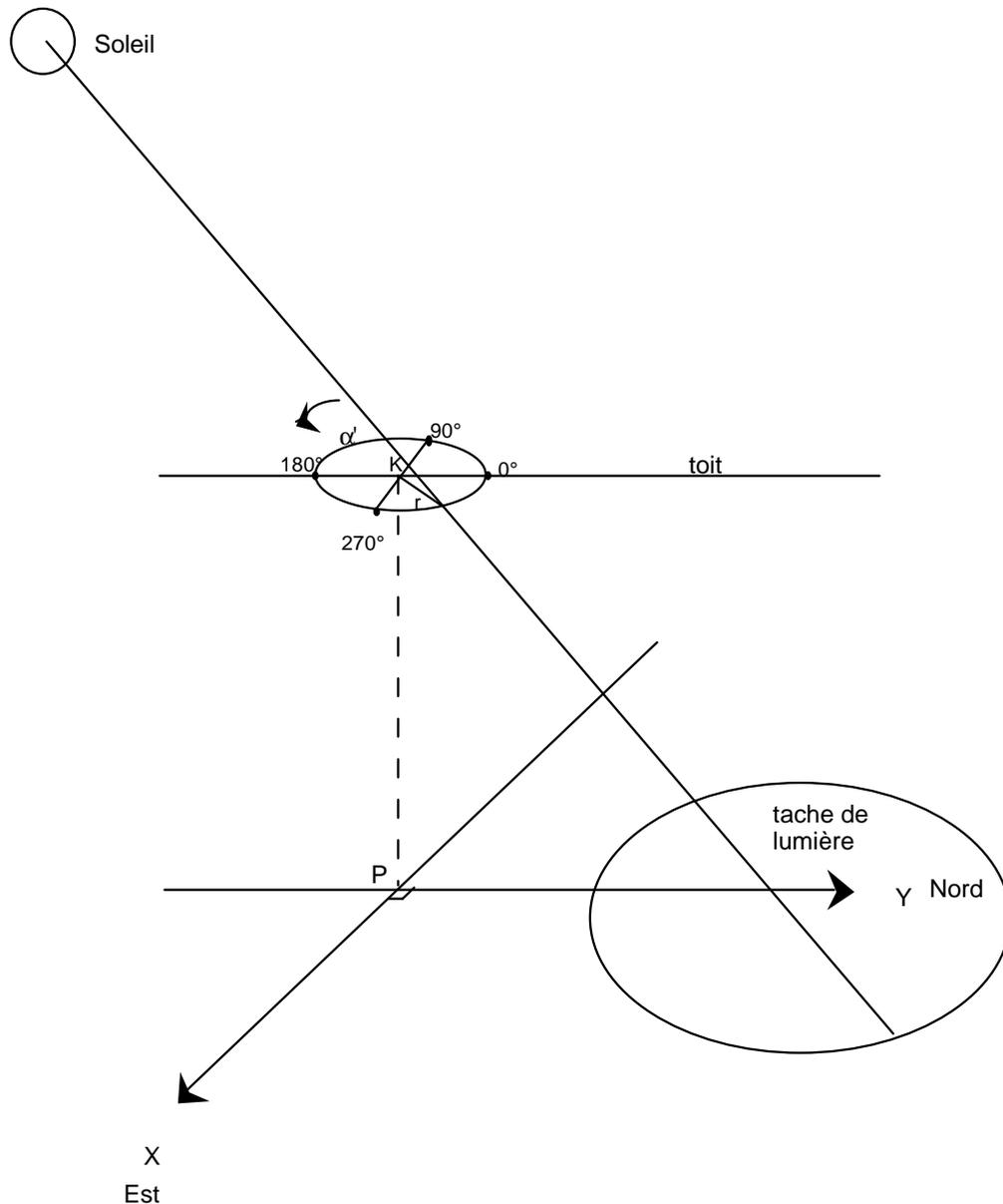


Figure 4

5 – Cas d'un oeilleton polaire : image sur un mur

Imaginons un cadran solaire vertical (fig. 5) muni d'un style polaire dont l'extrémité se termine par un œilleton de rayon r , de centre K , situé à la distance $PK = a$ du mur déclinant (l'œilleton est dans la continuité du style, donc polaire). L'inclinaison

Spécial Gnomonique du



Dans un souci d'échanges internationaux d'études et d'articles gnomoniques, la commission des Cadran solaires de la SAF a tissé des liens amicaux avec de nombreuses associations ou commissions de gnomonique dans le monde.

Nous diffusons notre bulletin Cadran Info aux organisations mentionnées ci-dessous. Ces organisations nous adressent leurs revues. Le contenu de celles-ci est présenté, en fonction de nos possibilités de traduction, dans la bibliographie bi-annuelle de madame Gotteland.

Nous avons voulu vous présenter et/ou donner la parole à ces associations dans ce numéro de Cadran Info.

Si vous connaissez d'autres associations avec les quelles nous pourrions partager, faites les connaître à Ph. Sauvageot.

Que ceux que j'ai oublié me pardonnent et me contactent.

Ph. Sauvageot

Allemagne: Deutsche Gesellschaft für Chronometrie (DGC)

- **Site WEB:** <http://www.dgchrono.de/>
- **Notre correspondant:** Klaus Eichholz co-président de la commission des CS de la Société de Chronometrie Allemande (DGC)
- **Adresse:** Zum Ruhrblick 5 D44797 Bochum
- **Revue:** DGC Jahresschrift et Mitteilungen der DGC



(Nouveau contact communiqué par JM Anselm et Y Opizzo)

Lieber Jean Michel,

Heute kam die CD der Commisio des Cadran Solaires de la SAF. Sie ist großartig. Ich bedanke mich sehr dafür. Habe auch schon einmal hineingeschaut und dabei festgestellt, daß ich noch viel Französisch lernen muß. Sonnige Herbstgrüße

Dear Sir Ph. Sauvageot

Many thanks for the rich CD Cadran Info. It is verry useful for our society. Unfortunately I am not able to speak French, but my wife does. Best regards Klaus Eichholz

Le "Fachkreis (autrefois «Arbeitskreis») Sonnenuhren" est une subdivision de la Deutsche Gesellschaft für Chronometrie (DGC)", dont les membres sont en majorité des amateurs de montres et d'horloges. Ainsi la plupart des articles dans nos deux périodiques: DGC Jahresschrift (un livre par an) et Mitteilungen der DGC (quatre journaux par an) concernent des montres et horloges et seulement en part mineure les cadran solaires.

Nous sommes intéressés par votre bulletin «Cadran Info». Cordiales Salutations
Gerhard Aulenbacher

Angleterre: The British Sundial Society

- **Site WEB:** <http://www.sundialsoc.org.uk>
- **Notre correspondant:** Douglas Bateman
- **Adresse:** BBS J.Foad Greenfields Crumps Lane Ulcombe Kent ME17 1EX UK
- **Revue:** Bulletin de la British Sundial Society



Le bulletin jaune de la BSS est bien connu de notre commission. Le sommaire est repris par Mme Gotteland dans ses bibliographies bi-annuelles. Les articles sont particulièrement variés, des photos en couleurs agrémentent le dernier bulletin de Mars.

De nombreuses conférences et manifestations sont organisées, certains membres n'hésitent pas à traverser le channel pour y participer. La bibliothèque de la société est située à Nottingham. Elle comporte une ligne méridienne sur le sol. Nos échanges sont réguliers et particulièrement amicaux.

Belgique: Zonnewijzerkring Vlaanderen

- **Site WEB:** <http://www.zonnewijzerkringvlaanderen.be/>
- **Notre correspondant:** Eric Daled
- **Adresse:** Meidoornlaan 84, B-9320 Erembodegem (Aalst)
- **Revue:** Zonnetijdingen



Cette association (président Julien Lyssens) édite 4 revues en néerlandais par an. Elles sont adressées à notre commission et sont à la disposition de tous à notre bibliothèque. Sur le site Web vous pourrez découvrir les cadrans solaires de Flandre belge. Cette association flamande a développé une étroite coopération avec le groupe de travail francophone qui suit:

Belgique: Gnomonica

- **Site WEB:** <http://www.gnomonica.be/>
- **Notre correspondant:** Olivier Lisein
- **Adresse:** Rue Aug. Delporte 32, B-1050 Bruxelles
- **Revue:**



Sur le site Web, vous pourrez découvrir en langue française, les cadrans solaires de Wallonie et bientôt aussi ceux de Flandre (en coopération avec le Zonnewijzerkring Vlaanderen) . En début de l'année dernière, Olivier Lisein nous invitait à consulter le nouveau site du petit groupe de travail pour apporter toutes suggestions.

Belgique: Société Astronomique de Liège

- **Site WEB:** <http://www.astro.ulg.ac.be/~sal>
- **Notre correspondant:** Pierre Noez
- **Adresse:** SAL, av de Coïnte 5, B-4000 Liège
- **Revue:** Le Ciel



Une activité importante de la SAL est le recensement des cadrans solaires de Wallonie. Chaque cadran fait l'objet d'une publication avec photo dans la revue mensuelle "Le Ciel".

Canada: Commission des Cadrans Solaires du Québec

- **Site WEB:** http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/
- **Notre correspondant:** André Bouchard
- **Adresse:** Commission des Cadrans Solaires du Québec, 42 av de la Brunante, Outremont, Canada H3T 1 R4
- **Revue:** Le Gnomoniste



Cher monsieur Sauvageot,

j'ai reçu aujourd'hui votre cd-rom avec copie du bulletin gnomonique de la SAF. J'étais ravi et heureux d'une telle attention de votre part. Je lirai ces pages avec grand bonheur. D'autant que je connais déjà quelques uns de ceux qui ont écrit des articles dans Cadran info. Avec mes sentiments distingués.

André E. Bouchard (extrait courriel)

La revue "Le Gnomoniste" est une mine d'informations par la variété et la qualité des sujets concernant aussi bien des études théoriques, des analyses, des présentations de cadran. André

Bouchard a eu la gentillesse de nous adresser un CD de l'ensemble des volumes "Le Gnomoniste" (volume III numéro 2: juin 1996 à décembre 2005) en langue française (of course). Tous les bulletins sont également imprimables depuis le site de la commission canadienne.

A travers ces volumes, nous retrouvons:

° des articles que certains de nos membres ont écrits (liste non exhaustive): " La ligne en huit" - P.J.Dallet; "Mesure de l'inclinaison et de la déclinaison d'un plan", "éclairage d'un plan", "équation du temps et analemma" - Y.Massé; "Un cadran en forme de livre – JM. Ansel; le "cadran invisible" – D. Savoie; la cathédrale de Vézelay sur la base des études de P. Gagnaire; "Le jardin des cadrans" – Y. Opizzo; "Les cadrans solaires géants" –P. Gojat"; "les logiciels de G. Baillet; Zarbula – A. Feirreira, etc.

° des sujets qui ont fait l'objet d'investigations également de ce côté de l'atlantique tels que: la restauration des cadrans, les Règles universelles pour tracer des cadrans, les devises, une lexicologie de la gnomonique, les cadrans musulmans, les cadrans à miroir, les cadrans du monde, les cadrans sur vitrail, etc.

Dans le numéro de Mars 2006, A.Bouchard met à l'honneur notre commission à travers un article intitulé: "La grande tradition française en gnomonique" ou "la présence en Amérique d'une pensée scientifique dans l'art des cadrans solaires". Nous le remercions vivement de cette délicate attention.

Espagne: Asociacion de Amigos de los Relojos de Sol

- ° **Site WEB:** <http://www.relojesdesol.org>
- ° **Notre correspondant:** Manuel Lombardero Soto
- ° **Adresse:** M. Lombardero, 48, c/ Isaac Peral, 48 3° A 28040 MADRID
- ° **Revue:** Analema



Merci pour votre e-mail et pour l'envoi de Cadran Info n° 12

Bien cordialement. Valdès

Nous avons de nombreuses échanges avec nos "amis des cadrans solaires". Depuis 1991, ce sont 40 bulletins "Analema" qui nous ont été offerts, nous donnant l'occasion de traduire de nombreux articles dans Cadran Info. Après un arrêt de la publication en 2005 nous espérons que la diffusion va reprendre avec toute sa variété.

Pays-Bas: De Zonnewijzerkring

- ° **Site WEB:** <http://www.de-zonnewijzerkring.nl/eng/index.htm>
- ° **Notre correspondant:** Fer de Vries
- ° **Adresse:** Van Gorkumlaan 39, 5641 WN Eindhoven Netherlands
- ° **Revue:** De Zonnewijzerkring / Bulletin



La Dutch Sundial Society, recense entre autre les cadrans solaires des Pays-Bas. Un bulletin est édité 3 fois par an en néerlandais avec un sommaire en anglais. Fer de Vries est connu de nombreux membres de la SAF. Il a réalisé un logiciel de cadrans solaires.

Italie: Gnomonica Italiana

- ° **Site WEB:** www.gnomonicaitaliana.it
- ° **Notre correspondant:** Enrico Del Favero
- ° **Adresse:** via Lambro 2, 20129 Milan
- ° **Revue:** Gnomonica Italiana



(Nouveau contact de Ph. Sauvageot)

Cher M. Sauvageot

J'ai reçu hier par la poste le très bon CD, avec votre publication périodique, Cadran Info N12. Mes plus vifs compliments pour elle.

La nouvelle publication sur CD est beaucoup plus riche et attrayante, pour le contenu et pour la forme de leur exposition. Je ferai une copie pour Mario Arnaldi qui est le Directeur Éditorial de la revue « Gnomonica Italiana », de façon qu'on puisse en parler dans les publications italiennes écrites et digitales. Encore merci et un cordial salut, également à Andrée Gotteland qui assure les traductions.

Enrico Del Favero (extrait de courriel)

En Italie, l'activité gnomonique, organisée au niveau national, se déroule dans le cadre de la "Sezione Quadranti Solari UAI", une des 15 Sections de Recherche de "l'Union des Astrophiles Italiens" et de "l'Associazione CGI, Coordinamento Gnomonico Italiano" (Association CGI, Coordination gnomonique Italienne) (voir ci-dessous). Le Coordinateur de la section "Cadrans solaires UAI" est, depuis mars 2002, Enrico Del Favero. Les principales activités de la « Sezione Quadranti Solari UAI » sont :

1) La tenue d'un recensement national informatisé. Celui-ci est appelé "AQS des cadrans solaires" et a créé, en septembre 2001. La publication du livre "Meridiane dei comuni d'Italia - Catalogo-guida dei quadranti solari italiani" (Méridiennes des communes d'Italie, Catalogue-guide des cadrans solaires italiens) de 336 pages, par Enrico Del Favero et Claudio Garetti, édité par UAI et ANCI (l'Association des Communes Italiennes), comprend 12 643 cadrans recensés dans 3109 communes.

2) L'organisation, chaque année et demie, d'un Séminaire national ouvert à tous. Le prochain est prévu du 6 au 8 octobre 2006 à Chianciano Terme, province de Sienne.

3) L'organisation d'un concours international biennal pour la construction de cadrans solaires. Appelé "Le ombre del tempo", il est organisé par le "Centro Studi e Ricerche Serafino Zani" de Lumezzane. Le concours est organisé par Loris Ramponi, des informations se trouvent sur le site : http://www.colibrionline.it/MG/orologi_solari.htm.

4) La diffusion, chaque mois sur la liste postale d'Internet : "GnomonicaItalia". Une feuille de nouvelles électronique, appelé NOVAE est entièrement consacrée aux cadrans solaires. La Section "Cadrans Solaires" est présente sur le site Internet <http://quadrantisolari.uai.it/>. Claudio Garetti s'en occupe, ainsi que de la formation et la gestion des programmes pour le recensement AQS. Les pages du site contiennent, entre autres les adresses des auteurs/coordonateurs du recensement AQS, avec des informations sur son état d'avancement. Il s'occupe du courrier et fait le recensement des articles et livres de gnomonique, "videobacheca" avec les principaux événements gnomoniques, survenus ou programmés. A noter la liste de tous les sites (plusieurs centaines) sur les cadrans solaires existant dans le monde, géré par l'allemand D. Roth (<http://www.infraroth.de/index.html>).

Se trouve sur Internet un Groupe (liste postale), en libre Association, appelé "CGI- Coordinamento Gnomonico Italiano" dont l'inscription est gratuite. Ce Groupe échange des informations sur les cadrans solaires. Il est coordonné par Diego Bonata, (dibonata@inwind.it), dont le site Internet est: <http://www.gnomonicaitaliana.it>.

5) Publication. La revue "Gnomonica italiana" (qui est adressée 4 fois/an à notre commission) de 64 pages dont certaines en couleur. Cette revue fait suite à un périodique analogue, édité par UAI appelé "Gnomonica", sorti en 9 numéros de 1988 à 2001.

République Tchèque: Astronomický kurz Hvězdárny Hradec Králové

- **Site WEB:** <http://www.astrohk.cz>
- **Notre correspondant:** Miroslav Broz
- **Adresse:** Zámeček 456/30, 50008 Hradec Králové
- **Revue:**



Vous pouvez consulter le site de l'Observatory and Planetarium de Prague et prendre contact en anglais avec Miroslav.

Rappelons la publication en 2004 de "Slunecni Hodiny" présentant l'inventaire des cadrans solaires de la République Tchèque et Slovaque. Inventaire tenu à jour sur le site: http://www.astrohk.cz/slunecni_hodiny.html (page en français)

Suisse: Schweizerischen Astronomischer Gesellschaft

- **Site WEB:**
- **Notre correspondant:** Sue Kernen
- **Adresse:** SAS, Gristenbühl 13 CH 9315 NEUKIRCH (Egnach)
- **Revue:**



(Nouveau contact communiqué par J. Fort)

Lors de notre commission d'octobre 2005, M. J.Fort nous a communiqué les coordonnées de S. Kernen de la société suisse SAG.

Cadran Info n°12 accompagné de la présentation et des offres de notre commission ont été adressés dès le mois de novembre.

USA: The North American Sundial Society

- **Site WEB:**
- **Notre correspondant:** Fred Sawyer
- **Adresse:** 8, Sachem Drive Glastonburg CT 06033 USA
- **Revue:** The Compendium



The North American Sundial Society (NASS) is a thriving society of 280 members; although its membership is primarily from the United States and Canada, it has members from 24 different countries and welcomes input from around the world. Much like the Commission des Cadrans Solaires, NASS is interested in cataloging sundials in its geographical region, but we do not have a huge national heritage of sundials such as can be found in France; our register of dials, which exists online, currently includes close to 600 dials.

Most of the energy of NASS is devoted to its publications, its conferences, and its website. The publications include a quarterly journal – The Compendium - that is one of the finer repositories of technical dialing information to be found anywhere. The society also sponsors the publication of facsimile reproductions of many rare books on dialing, and for its 10th anniversary in 2003 it published the Analemmatic Sundial Sourcebook which included (English) reproductions of many of the historic articles on this form of dial, ranging from the first booklets by Vaulezard in the 1640's through the many articles that have appeared in recent years. Ever since its inception, NASS has produced all of its publications in both print and digital formats, so all items are still available and the society sells a Repository CD which includes all 12 years of its journal in a single linked database of information.

NASS conferences are usually held in August at sites which alternate between the east and west coasts of America and Canada. Next year, we will be meeting in beautiful Vancouver, British Columbia, Canada.

NASS also maintains a website (sundials.org) which includes a question and answer forum, the registry of sundials, and an extensive and ever-growing list of links to dialing sites.

The Society has always been interested in maintaining ties with other national sundial groups, and we are very pleased to now be exchanging our quarterly journal (in both print and digital formats) with the Commission des Cadrans Solaires. We have published several articles by members of the Commission, and we are pleased to be able to make our ties even closer.

F.Sawyer (courriel)

Dans le bulletin "The Compendium de mars, une publication de B. Rouxel: "Epicycloidal and hypocycloidal sundials".



Cadran de Saint-Priest

Par E. Vilaplana

En complément de l'article paru dans la revue L'Astronomie de février qui présentait l'origine et le mode de fonctionnement du cadran de Saint-Priest, réalisé par E. Vilaplana, voici sa description.

L'ensemble monumental, implanté sur la pelouse du château de Saint-Priest est composé d'un cadran solaire équatorial biface et une murette horizontale, circulaire, porteuse de tableaux d'informations et d'inscriptions repérant quelques azimuts remarquables.

LE CADRAN SOLAIRE

La face inférieure, méridionale, porte les lignes horaires de VI matin à VI soir, avec les mêmes conventions de numérotation que celles adoptées sur la face septentrionale. Sur la face supérieure, regardant le Nord sont gravées les lignes de V matin à VII soir, avec une numérotation en V-XII-VII, en respect de la tradition qui numérote en chiffres romains les lignes de temps solaire vrai. La face Sud porte l'indication : Automne, Hiver. La face Nord porte l'indication : Printemps, Eté et la date MMII (année de l'invention de la pierre).

A noter que la face maintenant orientée vers le Nord devait être un ancien cadran d'horloge de clocher, pour témoignage, la décoration et les 60 plots de sa couronne.



LES PANNEAUX ET LA MURETTE

Huit panneaux qui, tels des pupitres, présentent aux visiteurs, de nombreuses informations géographiques et astronomiques, d'un intérêt pédagogique évident, mais rédigées simplement, afin qu'en profitent aussi les jeunes enfants des écoles et collèges pour qui cet ensemble conservera son rôle didactique même les jours sans soleil.

D'autre part, des gravures incisées à même la pierre, manifestent des azimuts remarquables. Ces azimuts se distribuent dans les familles suivantes :

- 1°) directions géographiques, pôles, points cardinaux ... en rouge
- 2°) curiosités géographiques, lacs, volcans, montagnes ... en bleu
- 3°) capitales des 25 États de l'Union européenne : sans couleur mais annotés d'une étoile d'or.
- 4°) villes remarquables de France, d'Europe, du monde : sans couleur ; rangées en trois couronnes concentriques.
- 5°) ville jumelée avec Saint-Priest : en lettres d'or.

Chaque indication est complétée par sa distance orthodromique en kilomètres.

DETAILS

- Le Cadran: Concordance entre les plots de la face Nord et les minutes

Le tableau de conversion se propose une consultation aisée de la face Nord du cadran en utilisant les plots des minutes de l'ancienne horloge.

On observera, tout d'abord, que le compte exact des plots métalliques est de 60 avec un plot plus gros tous les 5 plots. C'est la configuration normale des marques des minutes d'une horloge classique où une aiguille des minutes effectue un tour complet en 1 heure : chaque minute est donc repérée et les minutes multiples de 5 bénéficient d'une marque plus significative. Naturellement, l'aiguille des minutes tourne en sens horloge.

La transformation de cette face Nord en cadran équatorial a pour conséquence la disparition de l'aiguille des minutes ; il s'ensuit donc que les 60 intervalles compris entre les plots doivent désormais cadencer 24 heures soit 1440 minutes et chaque intervalle vaut donc 24 minutes. Sur cette face septentrionale du cadran l'ombre du style tourne aussi en sens horloge. Il devient donc facile de dresser le tableau d'interpolation suivant où, pour la facilité du lecteur, nous numérotions zéro (ou 60) le plot le plus haut, à l'extrémité supérieure du diamètre vertical, ce qui respecte le rôle privilégié des plots surdimensionnés et les fait correspondre aux heures solaires multiples de 2.

Plot	H cs	Plot	H cs	Plot	H cs	Plot	H cs	Plot	H cs
0 / 60	0 h. 00	12	4 h. 48	24	9 h. 36	36	14 h. 24	48	19 h. 12
1	0 h. 24	13	5 h. 12	25	10 h. 00	37	14 h. 48	49	19 h. 36
2	0 h. 48	14	5 h. 36	26	10 h. 24	38	15 h. 12	50	20 h. 00
3	1 h. 12	15	6 h. 00	27	10 h. 48	39	15 h. 36	51	20 h. 24
4	1 h. 36	16	6 h. 24	28	11 h. 12	40	16 h. 00	52	20 h. 48
5	2 h. 00	17	6 h. 48	29	11 h. 36	41	16 h. 24	53	21 h. 12
6	2 h. 24	18	7 h. 12	30	12 h. 00	42	16 h. 48	54	21 h. 36
7	2 h. 48	19	7 h. 36	31	12 h. 24	43	17 h. 12	55	22 h. 00
8	3 h. 12	20	8 h. 00	32	12 h. 48	44	17 h. 36	56	22 h. 24
9	3 h. 36	21	8 h. 24	33	13 h. 12	45	18 h. 00	57	22 h. 48
10	4 h. 00	22	8 h. 48	34	13 h. 36	46	18 h. 24	58	23 h. 12
11	4 h. 24	23	9 h. 12	35	14 h. 00	47	18 h. 48	59	23 h. 36
								60	24 h. 00

Mais seules les heures extrêmes, comprises entre le lever et le coucher du Soleil, le jour du solstice d'été, présentent une utilité : le matin, à 4 h. 24, pour un lever à 4 h. 15 ; le soir, à 19 h 36, pour un coucher à 19 h. 45.

- La murette: table d'orientation

Parmi toutes les informations qu'il était possible de graver sur le plateau horizontal du socle, ont été retenues les suivantes, données ici sans ordre préférentiel, mais choisies pour conférer au monument un caractère national, européen et mondial¹ :

- Un certain nombre d'azimuts géographiques remarquables : les 4 points cardinaux et les 32 points de la classique rose des vents.
- L'indication de grandes villes de France, puis d'Europe, puis du reste du monde, en trois couronnes concentriques. Chaque ville est annotée de sa distance orthodromique, en kilomètres, depuis Saint-Priest.
- L'indication des capitales de la Communauté européenne, avec les mêmes informations.
- L'indication des villes jumelées avec Saint-Priest, toujours annotées des mêmes informations.
- L'indication de montagnes, volcans, lacs, estuaires, villes saintes du monde entier, etc.
- Les azimuts des levers et couchers du Soleil aux grandes dates de l'année : solstices et équinoxes.
- Les azimuts des levers et couchers d'étoiles remarquables, sur l'horizon de Saint-Priest.

- Les Panneaux

PANNEAU N° 1 : LA ROSE DES VENTS

Le graphique représente des triangles rayonnant autour d'un centre commun figurant la ville de Saint-Priest. Ces triangles sont dirigés vers les points de l'horizon d'où soufflent les vents dominants ; leur surface est proportionnelle au nombre de jours où on les ressent et leurs couleurs conventionnelles à leur force mesurée au sol, selon le barème suivant :

- bleu pour des vitesses comprises entre 2 et 4 mètres par seconde
- vert pour des vitesses comprises entre 5 et 8 mètres par seconde
- rouge pour des vitesses supérieures à 8 mètres par seconde

¹ M. P. Gaganair a relevé l'ensemble des indications mentionnées sur la murette. La liste exhaustive peut être communiquée sur demande.

On trouve ainsi :

- la Bise qui souffle du Nord, pendant 70 jours par an
- le Vent du Midi qui souffle du Sud, pendant 50 jours par an
- la Traverse, vent du Nord-Ouest, pendant 28 jours par an
- le Vent de Grenoble, venant de l'Est et du Nord-Est, pendant 26 jours par an.

PANNEAU N° 2 : LES HEURES EXTREMES

La durée quotidienne d'ensoleillement du cadran solaire dépend de la date, avec un ensoleillement maximal le jour du solstice d'été (21 juin) et un ensoleillement minimal le jour du solstice d'hiver (22 décembre).

Ici les calculs ont été simplifiés pour ne concerner que les dates des quatre saisons, le printemps et l'automne (jours des deux équinoxes) présentant les mêmes valeurs :

	Solstice d'été 21 juin	Equinoxes 20 mars et 23 septembre	Solstice d'hiver 22 décembre
Lever	4h.14m.	6h. 00m.	7h. 46m.
Coucher	19h. 46m.	18h. 00m.	16h. 14m.
Durée	15h. 32m.	12h. 00m.	8h. 28m.

Différence d'ensoleillement entre l'été et l'hiver : 7 heures et 4 minutes

Sur le panneau les symboles conventionnels accompagnent les instants du lever et du coucher, avec un coq pour le jour naissant et un croissant de Lune servant de perchoir à un hibou, pour symboliser le jour finissant. Un sablier à moitié vidé donne à réfléchir sur le cycle des saisons et leur ensoleillement variable.

PANNEAU N° 3 : LES QUATRE SAISONS

Ce panneau représente l'orbite de la Terre autour du Soleil. Aux quatre moments remarquables des équinoxes et des solstices on a représenté le globe terrestre traversé par son axe de rotation incliné sur le plan orbital, ce qui met en évidence l'incidence des rayons solaires sur chacun des hémisphères selon la saison en cours. Les durées inégales des quatre saisons sont inscrites entre les positions, soit :

Printemps = 92,16 jours, Eté = 93,65 jours, Automne = 89,84 jours, Hiver = 88,89 jours

PANNEAU N° 4 : L'EQUATION DU TEMPS

Un jour solaire vrai, défini par deux passages successifs du Soleil au méridien local, ne dure pas exactement 24 heures mais, selon les époques, un peu plus ou un peu moins. L'écart entre 24 heures et la durée réelle d'un jour solaire n'excède jamais 30 secondes mais les écarts se cumulent. Ainsi l'heure du cadran solaire avancera ou retardera sur l'heure des pendules qui est régulière. Son retard maximum qui atteint presque 15 minutes, se situe en février ; son avance maximum, en novembre atteint plus de 16 minutes. On parle parfois du Soleil vrai comparé à un Soleil qui serait « moyen », c'est-à-dire régulier.

Le graphique présenté sur ce panneau permet de connaître avec une bonne approximation l'écart entre temps solaire vrai et temps moyen. L'échelle verticale est graduée en minutes ; l'échelle horizontale représente les mois, chacun subdivisé en 3 fois 10 jours. Le signe + indique un retard du cadran. Le signe - indique une avance du cadran.

Mais l'équation du temps n'est que l'une des trois corrections qu'il faut faire subir à l'heure solaire pour la transformer en heure légale, d'hiver ou d'été. Le consultant obtiendra la correction totale en ajoutant ALGÈBRIQUEMENT aux indications du graphique :

41 minutes en régime de l'heure d'hiver

1 heure et 41 minutes en régime de l'heure d'été

PANNEAU N° 5 : PRESENTATION

Ville de Saint-Priest (Rhône)

Cadran solaire équatorial

La face Nord (qui regarde le ciel) est éclairée du 21 mars au 22 septembre c'est-à-dire pendant la période où le Soleil se trouve au nord de l'équateur céleste. C'est aux équinoxes qu'il traverse cet équateur, allant du Sud au Nord à l'équinoxe de printemps et du Nord au Sud lors de l'équinoxe d'automne. Alors, sa face Sud (qui regarde le sol) est éclairée du 22 septembre au 21 mars de l'année suivante. Les jours d'équinoxes le Soleil se trouve exactement dans le plan du cadran solaire et, pendant quelques jours, les deux faces sembleront rester dans l'ombre.

Sur la face Nord a été gravée une « barrette solaire », sorte de guichet bleu, qui visualise le temps que met le Soleil pour traverser tous les méridiens de la France continentale, de Strasbourg à Brest en 49 minutes.

Sur la murette, huit panneaux explicatifs proposent une initiation gnomonique et géographique élémentaire.

PANNEAU N° 6 : LONGUEUR D'UN DEGRE DE LONGITUDE

Le dessin de ce panneau rend sensible la variation de 1 degré de longitude en fonction de la latitude :

Au pôle sa longueur est nulle. A l'équateur elle vaut 111111 mètres (40000 km / 360°), c'est le maximum. A Moscou : 65538 mètres. A Saint-Priest : 77601 mètres. A Rabat : 92099 mètres

PANNEAU N° 7 : VITESSE DE ROTATION

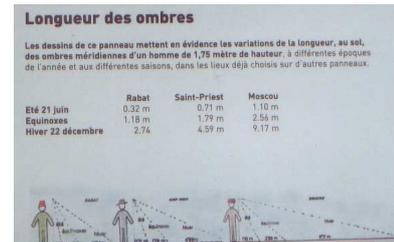
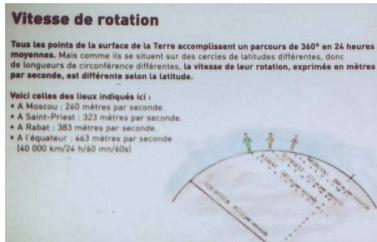
Tous les points de la surface de la Terre accomplissent un parcours de 360° en 24 heures moyennes. Mais comme ils se situent sur des cercles de latitudes différentes, donc de longueurs de circonférence différentes, la vitesse de leur rotation, exprimée en mètres par seconde, est différente selon la latitude. Voici celles des lieux indiqués sur le panneau 6 :

A Moscou : 260 mètres par seconde. A Saint-Priest : 323 mètres par seconde. A Rabat : 383 mètres par seconde. A l'équateur : 463 mètres par seconde (40000 km / 24 h. / 60 m. / 60 s.)

PANNEAU N° 8 : LONGUEUR DES OMBRES

Les dessins de ce panneau mettent en évidence les variations de la longueur, au sol, des ombres méridiennes d'un homme de 1,75 mètres de hauteur, à différentes époques de l'année et aux différentes saisons, dans les lieux déjà choisis sur d'autres panneaux.

	RABAT	ST-PIERST	MOSCOU
Été 21 juin	0,32 m.	0,71 m.	1,10 m.
Équinoxes	1,18	1,79	2,56
Hiver 22 décembre	2,74	4,59	9,17



- Les panneaux explicatifs

Les deux panneaux non gnomoniques :

1°) Plaque métallique sur le flanc de la murette: "Ville de Saint-Priest"

“ Cadran solaire équatorial Latitude 45°42' Nord *** Longitude 4°56' Est *** Altitude 226 m
Inauguré le 15 septembre 2005 par Madame Martine DAVID, Députée-Maire de Saint-Priest
Conception : M. VILAPLANA. Réalisation : Entreprise COMTE
Maîtrise d'œuvre : Services Techniques de la ville de Saint-Priest “

2°) Borne d'accueil, à l'entrée du monument: "Ville de Saint-Priest"

Le Cadran solaire équatorial de Saint-Priest. Ce Cadran solaire, de type équatorial,, le plus grand de France par sa dimension (1,80 mètres de diamètre) et son poids (4 tonnes) constitue un exemple unique et une référence.

Tracé sur une pierre mise à (sic) jour dans le Parc Technologique, il est incliné de 45 degrés sur l'horizontale correspondant à la latitude de Saint-Priest et peut être lu sur ses deux faces.

La face supérieure regardant le Nord est lisible du 21 Mars au 22 septembre. La face inférieure, méridionale, est consultable l'autre moitié de l'année.

Il est installé sur un socle haut de 70 centimètres et de 3 mètres de diamètre sur lequel figure (sic) des données astronomiques et géographiques d'un intérêt pédagogique évident :

- ° les 4 points cardinaux
- ° les azimuts des levers et couchers du Soleil aux grandes dates de l'année (solstices et équinoxes)
- ° la direction des grandes villes de France, de l'Europe et du monde
- ° la direction des capitales des 25 pays de l'Union européenne (annotées d'une étoile)
- ° la direction de certains sommets, volcans, lacs

CONCLUSION

La Municipalité de Saint-Priest est fière de présenter ce monument gnomonique à ses concitoyens, car c'est vraiment une réalisation hors du commun, digne de l'heureux hasard qui a présidé à la mise au jour de cette pierre exceptionnelle.

Les cadrans solaires sont redevenus, depuis quelques années, des éléments majeurs de notre petit patrimoine scientifique dont la charge artistique et culturelle ne laisse personne indifférent. Des villes, des départements créent ou restaurent des cadrans puis publient des itinéraires touristiques ou culturels où ceux-ci ne sont pas oubliés.

Désormais le monument gnomonique de Saint-Priest fera partie de ceux dont on parle avec estime.

Infos-échanges-bric à brac-gnomonique

Informations diverses

° L'actualité par JM. Ansel

La terre tourne à Noisiel (77) un visuel intégral. Prenez un bon Lycée (Gérard de Nerval), un professeur hyper motivé (Pierre Vangioni), un spécialiste des pendules de (Jean Luc Chazoule), un professeur d'électronique (Gérard Bonnet) un cadranier (moi-même) d'autres professeurs intéressés, 30 à 35 élèves passionnés, du Temps et de l'argent (avec la bonne volonté de tous les donateurs, élus, banques et autres...) à savoir que les élèves ont également produit des concerts pour le financement !

Le résultat est édifiant : un magnifique pendule de Foucault de plus de 8 mètres avec une période de 6 secondes environ. ► et, un cadran analemmatique de 13 m² créé et réalisé avec 35 élèves. La table est entièrement faite de mosaïque (pavages brisés) ▼



Dans l'ellipse des chiffres, se situe un cercle de neuf planètes autour d'un soleil et d'une lune imbriqués, sur ce dernier motif repose l'échelle des dates en laiton gravé. Le fond est dégradé du clair à l'obscur. Par la très bonne ambiance autour de l'œuvre, la devise s'est imposée d'elle-même « Vos sourires sont autant de Soleils »

Le 25 juin, inauguration à La Groise (59) du cadran de la Mairie (Pierre Berriot y est pour beaucoup !) ►

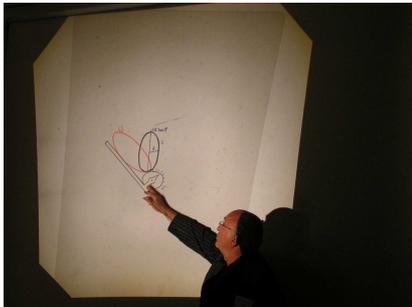


▼ 19 septembre, Grand Palais, les globes monumentaux de Coronelli « Royal ! » ▼



22 septembre participation avec Bernard Rouxel à l'assemblée de la GSA d'Autriche à Melkpetite bourgade à 60 km à l'ouest de Vienne ($\varphi = 48^{\circ} 13' 41''$ N, $\lambda = 15^{\circ} 19' 50''$ O) ▼

A Weiten, un cadran musical qui joue l'hymne européen ! Y habite Johan Jindra: serrurier et... cadranier. ▼



▼ Et en passant par le jardin gnomonique d'Yves Opizzo à Haigerloch: ▼



° Petite histoire de la création d'un logo et de la nouvelle couverture de Cadran Info. (d'après P. Gojat)

Tout a commencé par la proposition de certains membres de personnaliser la couverture de notre bulletin «*Cadran info*» qui manquait d'un signe distinctif. Il est vrai qu'au fil des années, ce bulletin avait pris à la fois de l'épaisseur et du fond. Avec un contenu



Logo de notre commission

riche, varié et savant «*Cadran info*» s'était donc établi sur un bon régime de croisière, tout en manquant d'une identité graphique qui soit plus digne de son contenu - il fallait au moins lui trouver un logo. Plutôt que de crayonner ou de griffonner un logo à la va vite, sur un coin de table, à la fin de la réunion de la commission, Philippe Sauvageot eut l'idée de solliciter la créativité de tous les membres. Il nous demanda de soumettre des propositions que l'on espérait les plus variées possibles pour pouvoir en choisir une lors d'un prochain échange.

Plusieurs membres firent des propositions. Un logo finalisé par JP. Cornec¹ a été retenu, il orne maintenant les différents articles de ce présent bulletin. De forme circulaire, il représente pleinement notre commission tout en rappelant le logo de la SAF.

Pour ma part, je décidai de relever le défi en intégrant mon logo dans la couverture même du bulletin.

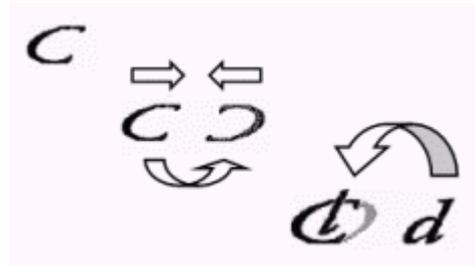
1) Pour concevoir le logo je suis parti de l'écriture du titre en utilisant une police de caractère élégante, stylisée, d'origine très ancienne. Elle est très utilisée pour les

Cadran Info

publications littéraires, la ***Garamond*** fut sélectionnée dans une version en caractères italiques, pour la rendre plus dynamique et en caractères gras pour qu'elle ait plus d'impact.

Après cette première étape il fallait attirer l'attention sur le sujet principal et il s'est agit d'associer au texte un graphisme explicite. Le dessin stylisé d'un ou de plusieurs cadrans solaires s'imposait. La complicité des lettres du titre a été utilisée, par chance les deux majuscules de Cadran et Info ont put être exploitées :

2) le C majuscule de Cadran info a fourni un peu plus de la moitié de la table d'un petit cadran solaire horizontal, l'autre moitié provient d'un retournement de la lettre à la façon d'un miroir. Cette deuxième moitié est accolée en en atténuant le contraste, elle de devient grise en permettant ainsi de pouvoir continuer à distinguer le C d'origine.

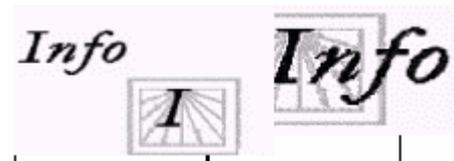


3) le haut de la lettre d du mot cadran et sa jambe ont fourni le style de ce même cadran

4) ensuite une paire d'yeux malicieux va humaniser notre petit cadran qui, rappelons le, est évocateur d'une association d'amateurs passionnés et... souriants !



5) Et maintenant, que faire de l'info ? Cette lettre I majuscule peut servir à suggérer ou représenter le style d'un cadran vertical mural que tant d'amateurs de la SAF chassent au cours de leurs nombreuses promenades et visites.



¹ Sur sa genèse: se reporter à CI N° 11 et au CR de la réunion de la commission d'octobre pour la validation du logo et de la nouvelle couverture de CI.

Il n'y a plus qu'à dessiner en toile de fond les lignes horaires du cadran à la manière d'un filigrane. Ce deuxième cadran inséré dans le logo rappelle à point nommé que les cadrans muraux sont nombreux et variés et que les gnomonistes sont par nature curieux.



Une fois le logo établi, il ne restait plus qu'à imaginer une couverture qui l'intègre. Quelques 14 variations ont été créées en diversifiant les thèmes, les couleurs de fond, les encadrements, la disposition des textes, etc. pour que finalement ce soit la maquette n° 13 (qui fut retenue).



- n°1 Proposition d'un logo pour Cadran Info projets et maquettes de construction
- n°2 et 3 cadran solaire portable du type sphère armillaire en laiton,
- n°4 un cadran de la grand'rue de Saint-Véran, (Hautes Alpes)
- n°5 cadran solaire de l'église de Saint-Michel l'Observatoire, (Alpes de Haute Provence)
- n°6 sphère armillaire/cadran solaire dans un jardin anglais.
- n°7 cadran solaire vertical à Soissons où la CCS de la SAF organisa sa réunion et une splendide excursion au début de l'année 2005.
- n°8 cadran à l'orientation hautement fantaisiste, mais bien porté, issu d'une publicité des années 90 pour la SNCF,

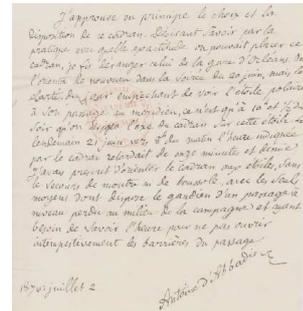
- n°9 splendide cadran de berger, à style double (Musée de Florence)
- n°10 un des plus célèbres tableaux de Vincent Van Gogh intitulé "les Tournesols", huile sur toile de 92 x 73 cm, peint en 1889, record absolu en vente publique à Londres en 1987 établi à 267,3 millions de Francs (40,75 M€). Ce même tableau présente en outre la particularité d'avoir vu son authenticité contestée !
- n°11 la transformation éphémère de l'abbaye du Mont-Saint-Michel en cadran solaire,
- n°12 l'un des cadrans solaires sur un bâtiment de la villa Barbaro à Maser (Trévise) en Italie du Nord. Architecture du célèbre Andrea Palladio datée de 1557/1558,
- n°13 la couverture sélectionnée : l'observatoire Camille Flammarion (voir explication en page 2)
- n°14 carte de la Terre et du Ciel extraite de l'atlas céleste d'Andreas Cellarius, "Atlas Cœlestis seu Harmonica Macrocosmica" publié en 1661 à Amsterdam.

° Les "Régulateurs de montres".

M. D.Benoit, mène une enquête sur les "cadrans régulateurs de montres" et l'usage qui en était fait au XIXème siècle. A cet effet, il nous a communiqué: 1) les photos et la



description du cadran du musée de Lavaur (à gauche). 2) une note d'Antoine d'Abbadie (1870) demandant de << déranger le régulateur de montres de la gare d'Orléans >> (à droite) pour vérifier la fiabilité de l'instrument pour l'usage



niveau qui doit fermer les barrières suivant les horaires des trains >>. 3) Les principes, description, prix, pose de ce type de cadran (mai 1870) par E. Lacout ingénieur et mathématicien.

° La technique des horloges solaires.



Une brochure de 20 pages au format 210x150, guide le néophyte dans la réalisation d'une "horloge solaire". Toutes les étapes sont reprises d'une manière simple et pédagogique. Nous trouvons le relevé de la déclinaison d'un mur vertical (méthodes, outils, formules), puis le tracé du cadran et enfin le positionnement du style.

Ce document réalisé par **Alfred Roth** avec la minutie et la précision qui le caractérise est disponible auprès de l'auteur.



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

La brochure complète "Horloges Solaires"

° Les "Devises du Tarn".

Relevé in situ ou dans les livres (Baron de Rivières, Abbé Holmières...), M. D.Benoit a recensé 93 devises sur les cadrans existants ou disparus du département du Tarn. Il les a classé par type (religieux, temps...) et par langue (français, latin, occitan, anglais...). Cette étude viendra compléter notre inventaire 2006.



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

Les deux cadrans de la Cathédrale Sainte Cécile d'Albi et l'ensemble des devises du Tarn classées par items, représentant 15 pages de découverte.

° **Les gagnants du concours n° IX "LE OMBRE DEL TEMPO"** (information de J. Robic, Y. Opizzo Janvier 2006)

Après Bernard Rouxel, Jean Pakhomoff, Pierre-Joseph Dallet et Jean-Michel Ansel, la commission des cadrans solaires est encore représentée cette année :

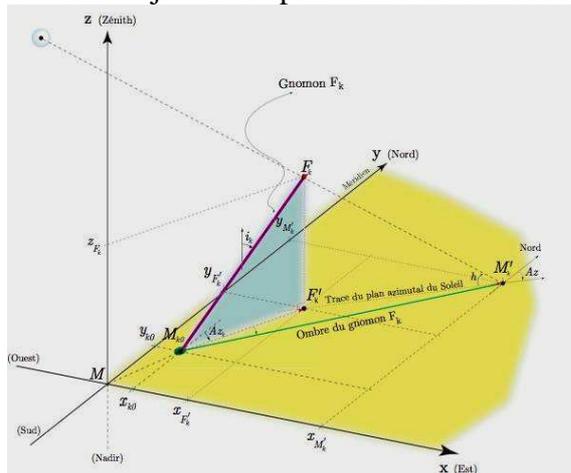
* 2^{ème} prix, **Joël Robic** (Bruz) pour le cadran à 46 CDs présenté dans ce numéro et lors de la dernière réunion de la commission: <http://perso.wanadoo.fr/cadrans.solaires/cadrans/cadran-CD-2.html>

* Note spéciale "professionnels" **Yves Opizzo** (Allemagne), pour son obélisque à Haigerloch (Baden-Württemberg): <http://www.opizzo.de/fr/uniqes/haigerloch/haigerlochbas6.htm>

Le prochain concours aura lieu le **30 juin 2007**. Les documents pour participation doivent être adressés à: Centro Studi e Ricerche Serafino Zani, Via Bosca 24 – CP 104 25 066 Lumezzane (Brescia); tél: 30 87 21 64, fax 30 87 25 45; info@serafinozani.it
<http://www.bresciascienza.it/> <http://www.astrofilibresciani.it/>

° **Cadrans solaires bifilaires à fils rectilignes.**

Dans notre commission, le nom de **D.Collin** est attaché aux cadrans bi-filaires. Dans sa dernière étude "Vers une finalisation des cadrans bifilaires à fils rectilignes", présentée lors de notre dernière réunion d'octobre et mise à la disposition de tous¹, Dominique se propose de trouver la trajectoire du point d'intersection de deux droites glissant l'une sur l'autre, chacune tournant à

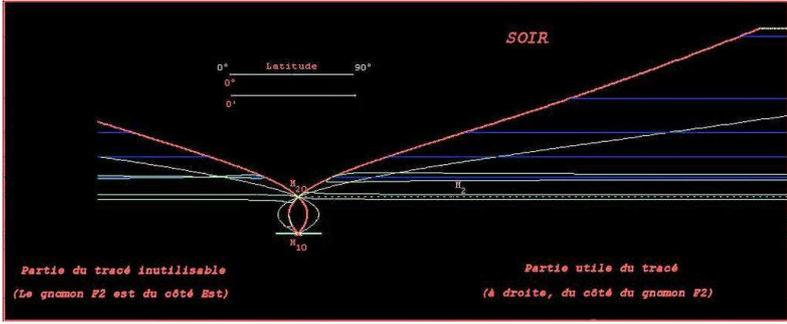
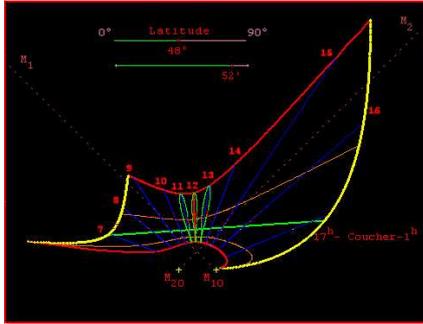


vitesse constante autour de leur point fixe respectif (pivot). C'est dans le cadre de la gnomonique qu'il va résoudre ce problème "cinématique" qui consiste à trouver les lieux des intersections des ombres de deux gnomons rectilignes installés n'importe comment au-dessus d'un plan horizontal ?".

Le principe du cadran bifilaire établi par l'allemand Hugo Michnik est désormais bien connu des amateurs et du monde gnomonique. Des études récentes ont proposé une généralisation de ce type de cadran. Celles-ci proposent de conserver les gnomons dans des plans parallèles à un plan déterminé (table du cadran) et de leur choisir une position angulaire par rapport à une ligne de référence. Ici, on se propose de définir une espèce de cadran bifilaire radicalement différente. On s'affranchit de la contrainte des plans parallèles au plan du cadran pour considérer deux gnomons rectilignes installés dans des plans azimutaux quelconques. En somme, on prend un cadran classique (à gnomon polaire ou droit) et on lui ajoute un deuxième gnomon. C'est bien un bifilaire mais plus au sens de Michnik ni même au sens du bifilaire généralisé. C'est cette nouvelle espèce de cadran solaire bifilaire que l'on présente ici dans sa plus grande généralité.

L'étude: explicite la géométrie de ce bifilaire à gnomons rectilignes quelconques; propose les équations paramétriques du point d'intersection des ombres (en vu d'une programmation informatique); étudie quelques lieux géométriques du point d'ombre lorsqu'une variable est fixée (déclinaison, angle horaire par exemple...); fournit le code source Géoplan (version 2), permettant la visualisation dynamique du tracé du bifilaire, résolvant complètement la détermination des lieux géométriques du point d'ombre pour n'importe quel paramètre intervenant dans ce bifilaire (voir exemples ci-dessous). De nombreuses possibilités sont encore à explorer et... attendent des réalisations concrètes.

¹ L'étude est incluse dans Cadran Info N°13 version CD. Elle peut être demandée (photocopies) directement à l'auteur ou à Ph. Sauvageot .



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

L'étude complète de 40 pages, avec schémas en couleurs et photos d'écrans des tracés sous Geoplan.

° L'Astronomie.

Les cadrans solaires sont régulièrement à l'honneur en 3^{ème} de couverture de la revue "L'Astronomie" de la SAF et cela grâce à la rubrique animée par **Alain Ferreira**. Notons les articles sur: les cadrans de Londres, le cadran vertical, le cadran équatorial de Saint-Priest réalisé par E. Vilaplana, les "cadrans à fleurs" etc.

Etait présenté dans le numéro de décembre, l'activité de notre commission et de ses réalisations.

A signaler le travail de notre collègue **Guy Artzner**, président de la "Commission du soleil", qui a relevé, entre autres, les sommaires de la revue "L'Astronomie" depuis janvier 1905 à février 2006. Le document réalisé sous "word", est la tentative d'une version informatisée des grandes lignes du contenu des publications de la SAF. Ce travail permet de faire rapidement des recherches chronologiques, par années, par items... et d'utiliser la fonction « rechercher ».

Nous avons pu retrouver des articles concernant les cadrans solaires, remontant à l'année... 1937 et bien sûr des rapports de nos réunions d'octobre.

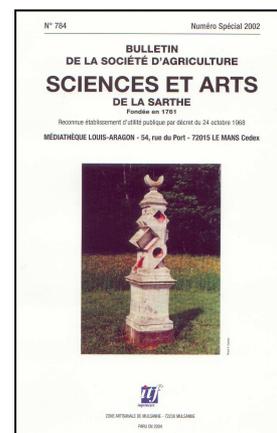


Des livres et des revues

■ LE CADRAN MONUMENTAL DU CHATEAU DE LA GROIRIE A TRANGE (SARTHE)

En 23 pages agrémentées de nombreuses planches et photos couleurs, notre collègue **Paul Deciron** nous conte l'histoire de ce cadran multiface, depuis son origine jusqu'à sa restauration. Il en profite pour nous faire découvrir d'autres cadrans polyédriques de cette époque. Rappelons que P. Deciron est à l'origine du sauvetage de ce cadran qui devait être vendu et qu'il a mené à bien sa réhabilitation, avec le conseil régional, en l'implantant à l'abbaye de Lepeau où il peut être contemplé par le public. Bulletin N° 784, Imprimeur: If zone artisanale de Mulsanne -72230 Mulsanne.

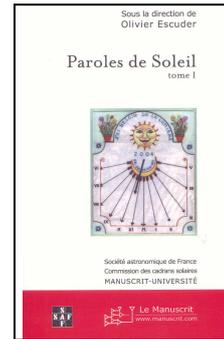
Voir également le site: <http://perso.wanadoo.fr/tempora>



■ **PAROLES DE SOLEIL** (SOUS LA DIRECTION DE O. ESCUDER)

Cette étude collective menée par un groupe de travail de la Commission des Cadrans Solaires de la SAF reproduit les devises des cadrans français, les traduit, donne leur origine, les analyse, les classe par item... Fruit de 7 années de labeur, cet ouvrage présenté en deux tomes est une véritable "référence" que tout un chacun se doit de posséder.

Edition "Lanuscrit-Université (www.manuscrit.com), disponible à la SAF, 3 rue Beethoven 75 016 PARIS.



■ **L'ARTE DEL TEMPO** (PHOTO: DAVIDE DUTTO)

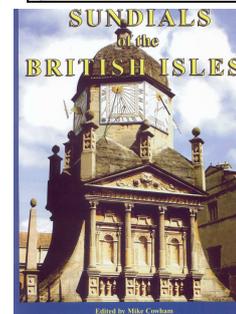
40 pages et 38 photos de cadrans solaires de la province italienne de Cuneo, dans leur environnement ou dans les mouvements de la vie.

Edition: SOLARIA communication, prix 12 euros.
Pour information: www.davidedutto.com ou www.solariameriodiane.com



■ **SUNDIALS OF THE BRITISH ISLES**

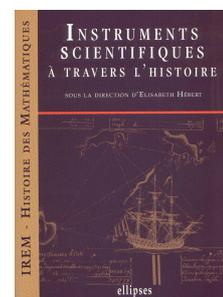
Très beau livre de 260 pages avec de nombreuses photos de cadrans anciens et nouveaux particulièrement variés, (canoniaux, multiples, sur vitrail, sphériques, de poche, etc), avec glossaire et index. Prix: £38.00 (ald £48.50 prix public) pour les membres de la commissions des cadrans Solaires de la SAF + £9.00 de frais d'expédition. Règlement possible en euros: 56+13 = 70euros); Mike Cowham, PO BOX 970, Haslingfield, Cambridge CB3 7 FL UK



■ **INSTRUMENTS SCIENTIFIQUES**

Outre les instruments de relevés terrestres, on découvre dans ce livre sous la direction E. Hébert, les principes et maniments de l'astrolabe, des cadrans solaires, des compas de proportion et autres règles qui devraient intéresser les gnomonistes.

Edition: Ellipses 32, rue Bague 75740 PARIS cedex



Un CADRAN "gAstronomique"

Pendant mon séjour en Ariège j'ai eu la chance d'assister à la mise en place d'un style sur un nouveau cadran solaire. Ce cadran se trouve à Madière 09100 sur le mur d'une ferme "DU BASCOU". Il a été réalisé par Monsieur Robert LE REUN de Colomiers.

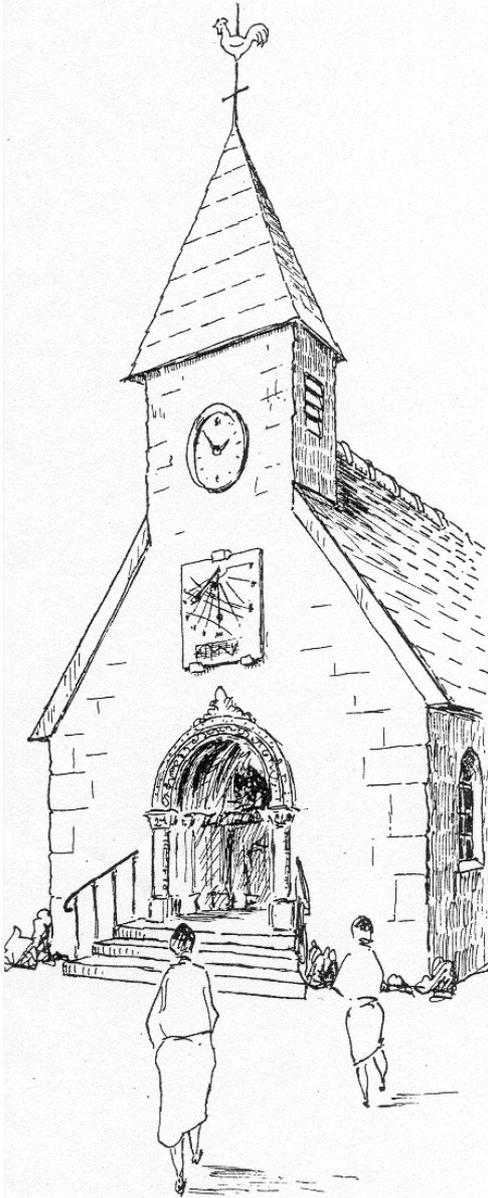
Et le conseil d'un spécialiste:

"Dans cette ferme on peut acheter du foie gras de canard ainsi que des spécialités à base de canards élevés sur place".

Maurice Kieffer Octobre 2005



Histoire d'heure



L'expérience, parfois, vous forge la raison :
Le Maire, un certain jour, dans un petit village .
Croyant faire plaisir à sa population ,
Pour montrer qu'il savait se tenir à la page .
Afin de contenter tous ses administrés ,
Voulut que chaque point se fut modernisé .
L'idée était loyale et bonne l'intention ,
Il obtint les voix nécessaires à l'action
Car il avait envie d'équiper le clocher
D'une horloge en métal marchant sans balancier ,
Son mouvement était ... bien sûr électrifié ;
Mais cet endroit choisi n'était pas conseillé
Car juste au dessous d'elle un beau cadran solaire
Régla depuis cent ans la vie des habitants ...
Mais ce voisinage n'était pas fait pour plaire
Et la nouvelle horloge et pas plus au cadran !
Ils semblaient en effet se faire concurrence ,
Le cadran retardait ou prenait de l'avance ,
Il attendait toujours la venue du soleil ,
Un nuage en passant le mettait en sommeil
Mais aussitôt après il donnait l'heure vraie ,
Et l'équation du temps, gravée sous ses rayons ,
Faisait visiblement toute compensation !
S'efforçant à tenir le temps dans sa moyenne ,
L'horloge un beau jour fit un arrêt complet ...
Alors on répara , avec beaucoup de peine ,
Cela coûta fort cher aux pauvres habitants ...
Tandis que c'est gratuit ... l'heure vraie du cadran !
Malad, une autre fois , c'est l'électricité :
Une grève imprévue , l'horloge est arrêtée !
Le Maire malheureux trouva alors plus sage
De n'avoir qu'un cadran pour régler son village

G. CAMUS
