

PHOTOS
COULEURS

LOGICIELS dans
LA VERSION CD

CADRAN-INFO

Sommaire du N°12

*Dans ce numéro:
La solution au cadran
hélicoïdal*

▪ Cadrans du Tarn	Benoit D
▪ Cadran lunaire	Baillet G
▪ La SPHERE	Baillet G
▪ Ombre sur hélicoïde 2	Baillet G
▪ Cadran hélicoïde 1	Dallet PJ
▪ Cadran sans style	Dallet PJ
▪ Cadrans par géométrie	Dallet PJ
▪ Zarbula	Ferreira A
▪ Dictionnaire de gnomonique	Gojat P
▪ Regle Middleton	Kierffer M
▪ Cadran de la Groirie	Savoie D
▪ Cadran hélicoïde: la théorie 3	Savoie D
▪ Dessin d'un cadran canonial	Schneider D
▪ Faites les vous mêmes	Theudebert J
▪ Temps chemin de fer	Viallet
▪ Cadran sur paraboloïde	Vercasson M
▪ Informations diverses	
▪ Informations diverses (suite)	

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.

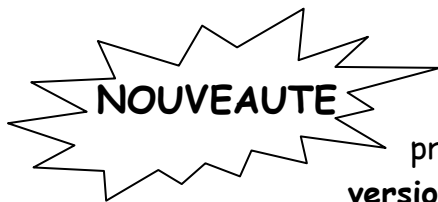
CADRAN-INFO est une formule simple et flexible qui regroupe la majorité des présentations faites lors de nos 2 réunions annuelles ainsi que des articles reçus en cours d'année.

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 scans des tirages papier). Il est envoyé aux autres associations gnomoniques d'Europe et des USA.

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 articles 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.



A partir de Cadran Info N°11, les logiciels présentés par les auteurs sont disponibles **dans la version CD.**

Ph. Sauvageot

Vice-Président de la Commission des cadrans Solaires

CADRANS du TARN (D. BENOIT)

Voici le fruit d'une première recherche sur les cadrans du Tarn.

Cadran solaire diptyque portatif.

LESCURE D'ALBIGEOIS. 81380. Lieu dit Bellerive. Latitude 43°57'15". Longitude 2°10'16"

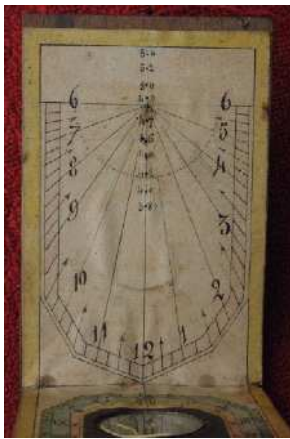
Le cadran est constitué de deux parties indépendantes, réunies par une charnière. Une fois déplié, l'instrument montre une surface horizontale et une verticale, avec un style filaire. Ici tout à fait exceptionnellement, un réglage en latitude existe, par un style variable, et par plusieurs latitudes données sur la table. Une boussole permet de mettre l'instrument en station.

Deux cadrans solaires sont présentés, un horizontal et un méridional.

Au dos du boîtier:

JUERY Frederic Agent Voyer Valence (Tarn)

Le grand père de la propriétaire des lieux était ingénieur pont et chaussée au début du XX^{ème} siècle.



Cadran solaire diptyque portatif.

LISLE SUR TARN. 81310 . 1, rue Lafage. Latitude. 43°51'12". Longitude. 1°48'24"



Croix de mission.

LISLE SUR TARN. 81310 . 1, rue Lafage. Latitude. 43°51'12". Longitude. 1°48'24"

Cette Croix de mission provient du cimetiere de Convers (Lisle sur Tarn). Datation du XV siecle. Sur le dessus de la croix, horizontalement double disque gravé de rayons non chiffrés. Division du temps? Cadran de chantier, canonial ?.

Il reste un morceau en fer du style. La table du cadran est dégradée par un trou carré de facture récente.



Cadran horizontal.

LISLE SUR TARN. 81310 . 1, rue Lafage. Latitude. 43°51'12". Longitude. 1°48'24"

Cadran horizontal gravé sur ardoise. Devise latine:

SOL ET LUNA MUTANT

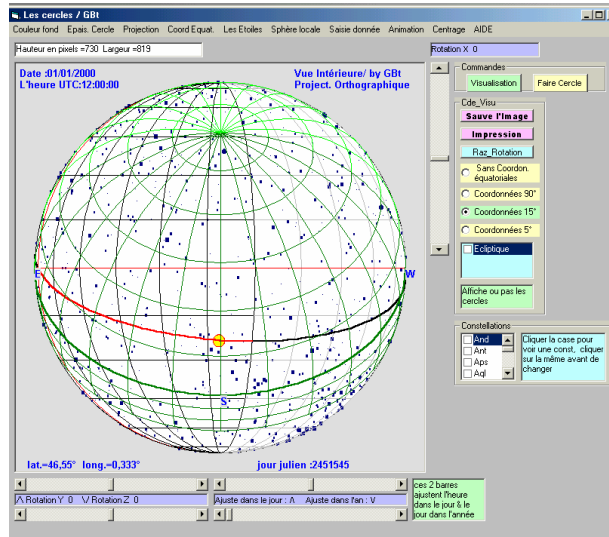
Le soleil et la lune se remplacent.

Avons-nous à faire à un cadran solaire sur lequel l'auteur lisait l'heure avec la lune ? Les traits tracés à droite et à gauche des lignes des demi-heures jouent ils un rôle dans cette lecture?.

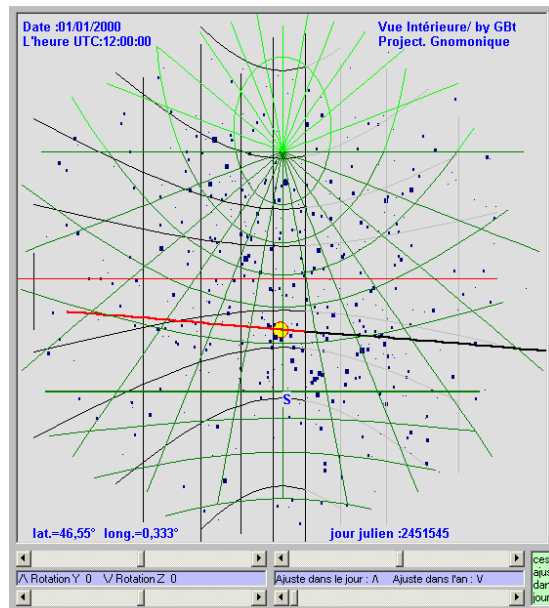


La SPHERE (G. Baillet)

Le logiciel "La sphère" permet de visualiser la sphère céleste à l'époque que l'on souhaite,



puis de partir de cette vision spatiale pour réaliser par projection stéréographique ou gnomonique des astrolabes, des cadrans solaires...



et de réaliser des simulations.

Présenté dans le détail à plusieurs reprises lors de réunions de la Commission des Cadrans Solaires, le logiciel est disponible sur le site:

http://.wanadoo.fr/gerard.e.baillet/page_sphérique.htm

➡ **Sur la version CDrom, vous trouverez en annexe:**
°Le logiciel complet

CADRAN LUNAIRE de Poitiers (G. Baillet)

L'histoire de la trouvaille

Je reçois un mail de Serge Grégory me racontant que lors d'une visite dans le département de l'Aisne il reçoit une information d'un propriétaire de cadran solaire (le docteur R., à la retraite) : le professeur P. de Poitiers possède un beau cadran lunaire voici ses coordonnées ...

Quelques coups de téléphone, le rendez-vous est pris. J'arrive à l'heure dite chez l'heureux propriétaire, muni de mon appareil photo préféré. Le professeur P. me reçoit dans son bureau, sur sa table trône le trésor. Un cadran en ardoise, daté de 1739, il est mutilé, ses deux styles sont arrachés. Mais au premier coup d'œil on distingue ses nombreuses devises en latin, une partie solaire, une partie lunaire, j'ai déjà vu ce dessin, mais où ?

Le cadran est réellement remarquable, je prends les renseignements, il vient de Poitiers, puis je mitraille avec l'appareil photo sous tous les angles, de près et de loin, tous les détails.

Les dimensions à l'intérieur du cadre (les heures solaires sont écrites juste à l'extérieur de ce cadre) sont en hauteur : 362 mm et en largeur : 375 mm.

Première Action

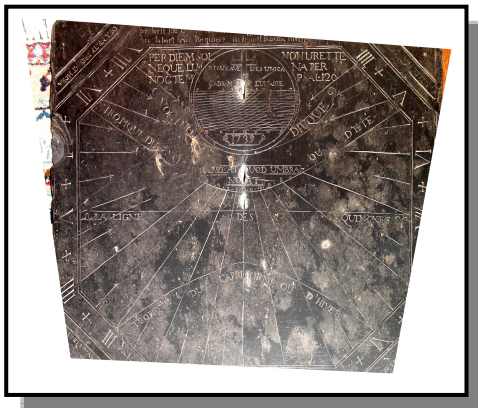
De retour à la maison je vide mon appareil photo dans l'ordinateur et transmets les photos à Serge Grégory, facile, je viens d'installer l'ADSL, on n'arrête pas le progrès. Par retour je reçois la confirmation de la valeur du cadran, voici un extrait de la réponse de Serge : [...c'est vraiment un cadran exceptionnel. J'en ai vu beaucoup et je placerais celui-ci parmi les plus beaux...]

J'envoie les meilleures photos à Denis Savoie et Philippe Sauvageot, ils m'encouragent à pousser l'analyse.

L'analyse

Trouver la latitude

Toute étude d'un cadran commence par la connaissance de la latitude de son tracé.



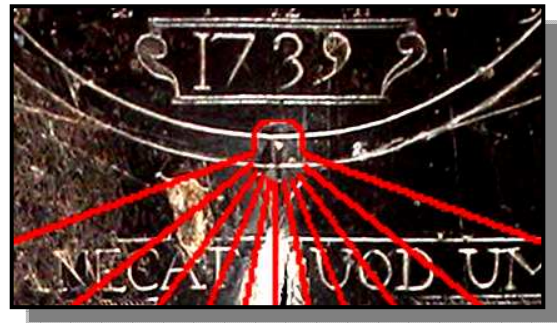
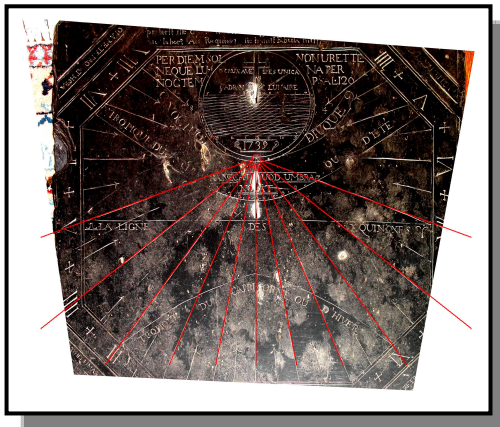
Pour la trouver, je décide d'utiliser la partie solaire du cadran, parce qu'elle est la plus grande et surtout pour l'instant la mieux connue, en effet j'ignore à ce moment le fonctionnement exact du cadran lunaire.

La première tâche consiste à choisir une photo et à effectuer une anamorphose qui a pour but de déformer l'image source afin de rendre sur l'image traitée les côtés du cadran parallèles et à angle droit. Pour effectuer ce travail j'utilise les ressources du logiciel [Adobe Photoshop 6]. Il faut noter, que dans ce cas, il y a encore un défaut résiduel, à savoir,

l'échelle horizontale n'est pas identique à l'échelle verticale.

A partir de cette image il faut trouver le pied du style, il se trouve à l'intersection de toutes les lignes d'heures, cette méthode est valable même si les échelles, horizontale et verticale, sont différentes. Dans la zone de l'intersection des prolongements des lignes

d'heure on voit sur l'image un petit point blanchâtre qui a dû servir au cadranier pour tracer son cadran. Il est émouvant de retrouver après des siècles cette trace minuscule sur la photo et de refaire le travail à l'envers.



Détail de la position du pied du style ▲

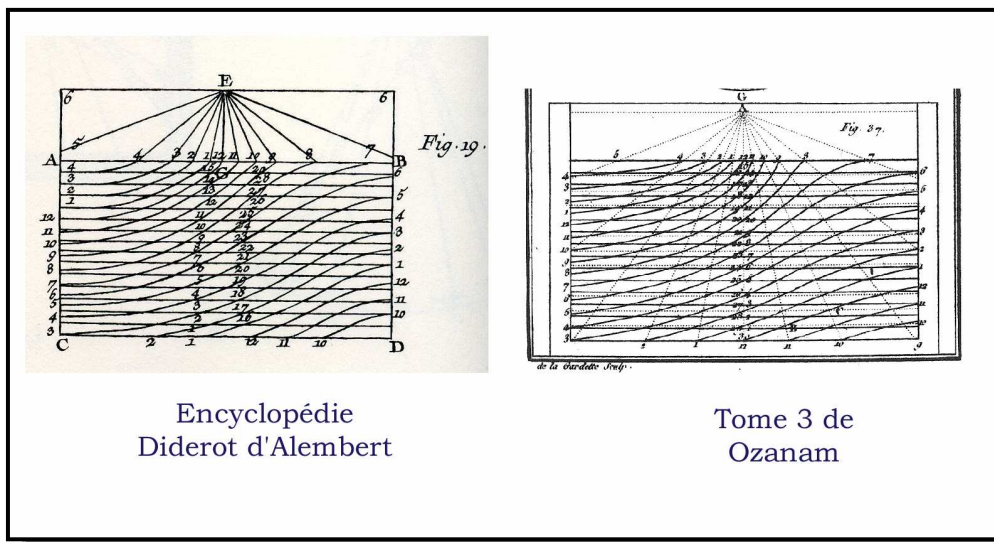
◄ Point de convergence des lignes horaires

Voir le détail du calcul à [ANNEXE CALCUL DE LA LATITUDE]. On prendra par la suite 47° comme latitude

Comprendre le cadran lunaire

Le souvenir du dessin du cadran lunaire était assez vague mais en fouillant dans mes livres je retrouve enfin le dessin dans : « le recueil de planches, de l'encyclopédie Diderot d'Alembert pour la partie astronomie dans la rubrique gnomonique planche II figure 19 », comme je n'ai pas le texte je ne suis guère avancé. Alors je lance un s.o.s. sur un groupe de discussion et je retrouve Jean Paul Cornec qui me donne le bon tuyau : « Tu peux chercher à la BNF dans les oeuvres d'Ozanam (Récréations mathématiques et physiques, etc. (le titre est très long...), Tome 3, problème 36, page 278, planche 18, figure 37) »

Voici à titre indicatif les copies des gravures correspondantes :



Encyclopédie
Diderot d'Alembert

Tome 3 de
Ozanam

Ces tracés représentent bien celui vu sur le cadran et l'explication du principe dans Ozanam est limpide. En supposant connue la technique des cadrans solaires, voici un résumé adapté dans les termes d'aujourd'hui :

Principe astronomique retenu :

Avec une description géocentrique, on part du principe que la lune et le soleil tournent dans le même plan : celui de l'équateur. Le soleil tourne dans ce plan et la lune tourne à vitesse constante par rapport au soleil. Dans ce cas l'angle formé par les directions de la lune et du soleil vu du centre de la terre croît à une vitesse constante.

On appelle âge de la lune le temps écoulé depuis la dernière nouvelle lune, il est en général exprimé en jour. La nouvelle lune a lieu quand elle est en conjonction avec le soleil.

On utilise pour ce type de cadran une période synodique de 30 jours qui présente l'avantage d'être divisible par deux. L'âge de la lune pourra donc varier de 0 jour (l'instant de la nouvelle lune) à 30 jours (l'instant de la nouvelle lune suivante) le premier quartier étant pour une lune de $30/4$ soit 7.5 jours. Pour cette période synodique la lune « retarde » sur le soleil de $24 / 30 = 0.8$ heure soit 48 minutes par jour d'âge de la lune.

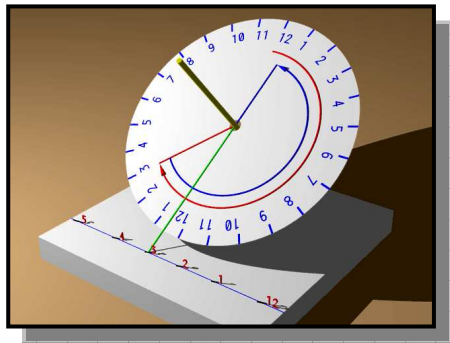
Il faut noter que la période synodique moyenne de la lune est de 29,530589 jours avec une variation comprise entre 29,274305 et 29,829861 jours dans l'intervalle 1900-2100 (d'après Denis Savoie).

Le principe du tracer

Le principe du tracer est décrit clairement dans l'ouvrage d'Ozanam, mais cette description est adaptée aux outils de son époque, la règle et le compas. Dans le texte qui suit la description est adaptée aux moyens actuels, la programmation informatique. Les images explicatives sont réalisées à l'aide du logiciel libre POV-RAY.

Voir en annexe le détail du calcul du cadran lunaire.

Dans notre cas il s'agit d'un cadran horizontal à style polaire. Pour un âge donné de la lune, on trace sur le cadran une ligne dirigée est-ouest. Sur cette ligne et pour cet âge de la lune on marque pour chaque heure solaire la position de l'ombre du style fournie par la lune. Pour expliquer le principe du tracé on se sert d'un cadran équatorial auxiliaire qui utilise le style du cadran, sa position sur le style dépend d'une manière linéaire de l'âge de la lune. Sur ce cadran auxiliaire on trouve :

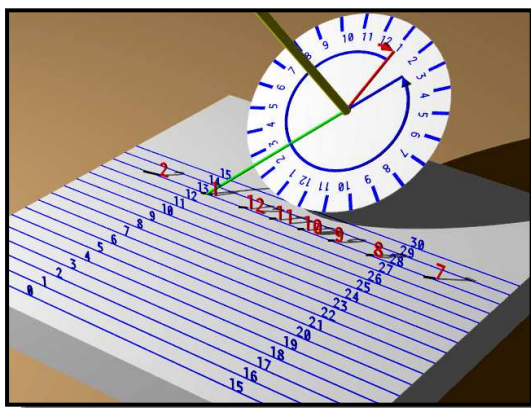
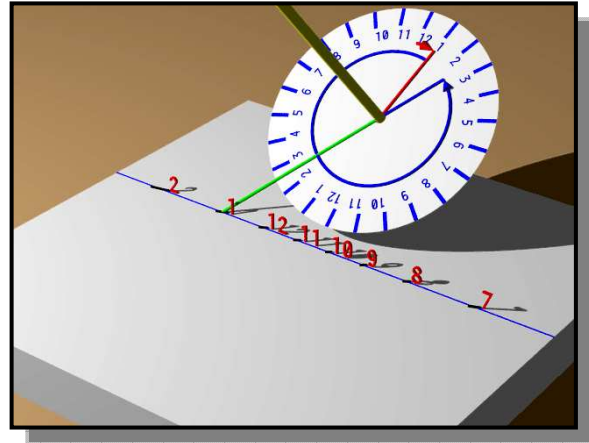
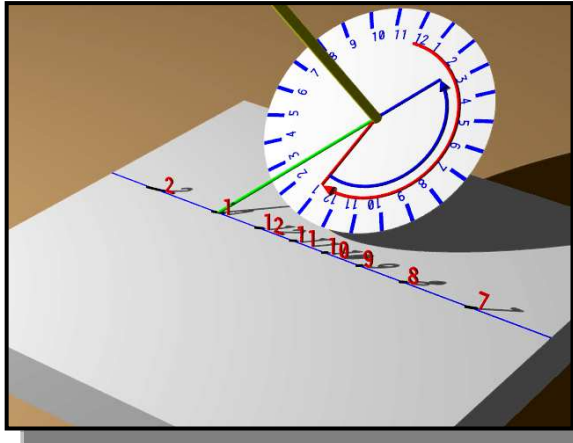


- ° Les graduations écrites en bleu donnant l'heure solaire
- ° Un secteur circulaire avec une flèche rouge montrant l'angle horaire du soleil, il augmente de 360° par 24h
- ° Un trait rouge qui indique la direction du soleil
- ° Un secteur circulaire avec une flèche bleue qui montre l'angle soleil-lune, il augmente de 360° par lunaison, 30 jours dans notre cas
- ° Un trait bleu indiquant la direction de la lune.
- ° Un trait vert désignant la direction de l'ombre de la lune.

On peut voir ces indications sur l'image ci-dessus : Dans ce cas il est 3 heures solaires (du matin) et l'âge de la lune vaut 18 jours les heures solaires sont marquées sur le cadran par des chiffres rouge verticaux.

Un autre cas de tracé où il est 1 heure (du matin il fait nuit) et l'âge de la lune vaut 13 jours ▼

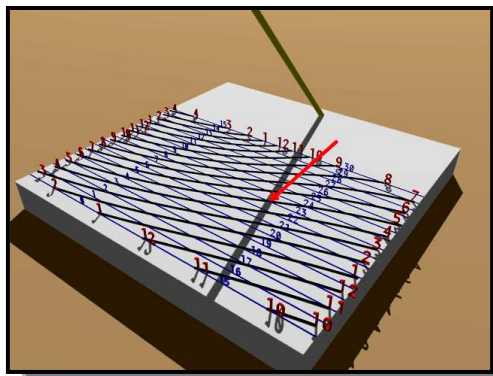
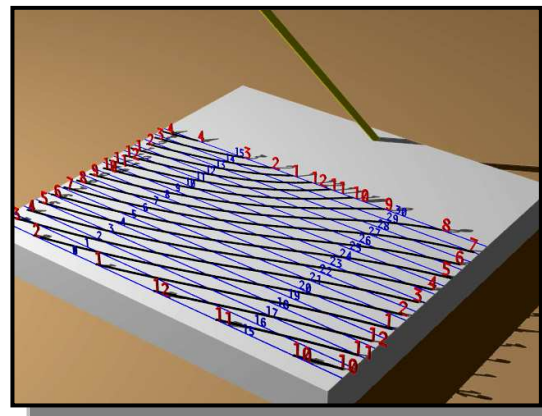
Autre tracé où il est 1 heure (après midi il fait jour) et l'âge de la lune vaut 28 jours. On remarque que le tracé sur le cadran se superpose au précédent, en effet la position du cadran auxiliaire est définie par l'âge de la lune modulo 15. Il en est de même pour les heures qui sont écrites de 0 à 12, avec 0 qui est indifféremment minuit ou midi. ▼



Pour chaque âge entier de la lune (modulo 15) on a un trait sur lequel lire l'heure solaire avec l'ombre de la lune, les deux âges de la lune sont écrits sur les lignes par deux chiffres bleus verticaux.

◀ Voir sur l'image ci-contre.

On réuni les graduations correspondantes de chaque heure solaire pour obtenir le tracé d'une ligne d'heure. En fait le logiciel calcule les points intermédiaires entre les âges en jours entiers, par exemple 10 pas entre chaque jour. Voilà le résultat sans le cadran auxiliaire avec les lignes d'heures solaires en noir et leurs marquages en rouge à la périphérie du cadran. ▶

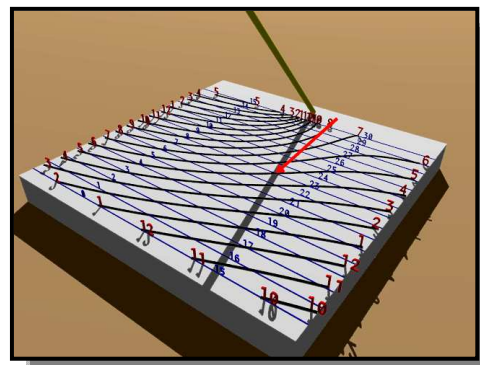


La source d'éclairage (dans le logiciel) est à la place qu'occuperait la lune dans le ciel. La flèche rouge indique le point où il faut lire l'heure ; il est 5 h du matin au 23^{ème} jour de la lune. Voir le résultat sur l'image ci contre.

◀

Si l'on change la disposition

relative de la partie utile du cadran par rapport au pied du style et pour le même instant on obtient une forme différente du cadran. ▶



Remarque sur l'analyse du principe

La forme du cadran est bien identique à celle trouvée par le calcul, elle dépend de la latitude du lieu et de sa position relative par rapport au pied du style. Il est intéressant de tenter la superposition d'un tracé théorique à la photo.

Superposition du tracé théorique à l'image

La superposition du tracé théorique avec la photo nécessite la résolution d'un certain nombre de difficultés :

- Le redressement de la partie de l'image du cadran lunaire par anamorphose avec la même échelle en horizontal et vertical.
- La mise à la même échelle du tracé théorique
- Trouver la position du pied du style du cadran lunaire sur la photo
- La détermination de la position relative du cadran lunaire théorique par rapport au pied du style
- La connaissance de la latitude (déjà déterminée)

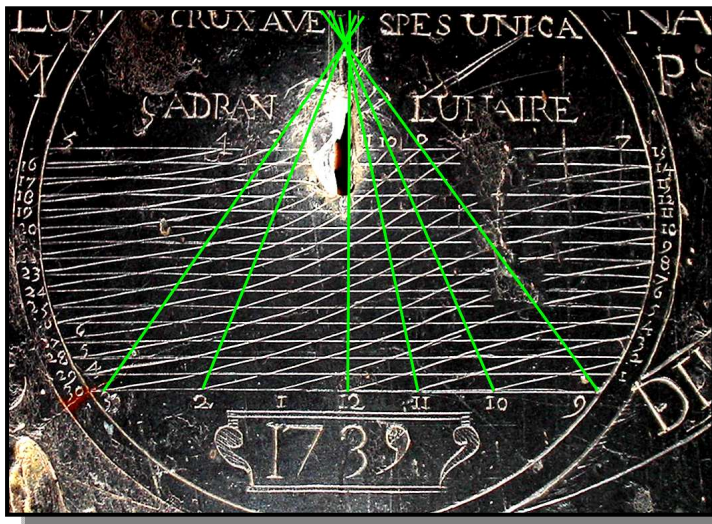
La résolution théorique de cet ensemble de problèmes n'est pas facile, on peut néanmoins converger vers la solution après un certain nombre d'itérations. Compte tenu du nombre de paramètres à gérer, la création d'un logiciel interactif est nécessaire. Dans ce cas POV-RAY n'est pas adapté car il n'y a pas d'interactivité possible. J'ai donc utilisé le logiciel [visual-basic].

Redressement de l'image

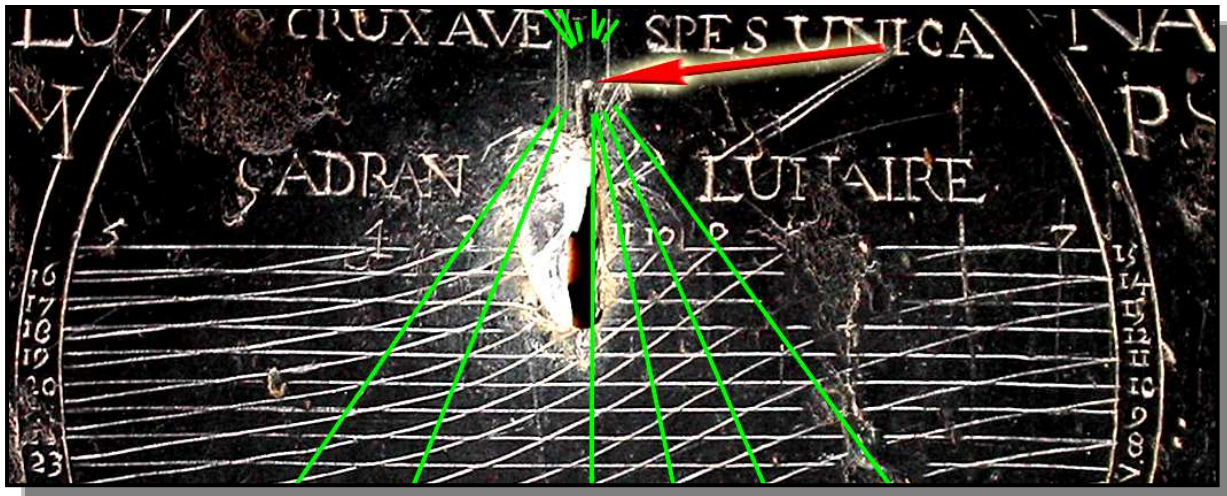
Le cadran lunaire est à l'intérieur d'un cercle, l'ajustement de l'anamorphose est alors facilité en se repérant sur celui-ci. Dans ce cas on assure aussi un ajustement des échelles en horizontal et vertical. En utilisant comme repères les lignes d'âges du cadran lunaire, j'ai aussi, par rotation de l'image, ajustée celle-ci pour que les lignes d'âge soient « horizontales ».

Position du pied du style

Pour tracer le cadran lunaire, Ozanam utilise un cadran solaire comme moyen intermédiaire, d'autre part, l'ombre sur cadran lunaire est donnée par un style polaire. La méthode employée part du principe que les heures portées par les lignes d'âges de la lune 0 et 15 sont sur les mêmes heures (modulo 12) que celles sur le cadran solaire, en effet la lune est en phase ou en opposition de phase avec le soleil pour ces deux jours. Les droites joignant les heures identiques, pour ces deux lignes d'âge, doivent se couper au pied du style.



Sur cette figure on a tracé les lignes qui rejoignent les points horaires 9, 10, 11, 12, 2, 3, des lignes d'âge de la lune 0 et 15. Ce tracé n'est pas très précis cependant dans la zone où les droites se coupent on trouve le même point blanchâtre qui a dû servir au cadranier de l'époque, voir la figure suivante, le point est indiqué par une flèche rouge.

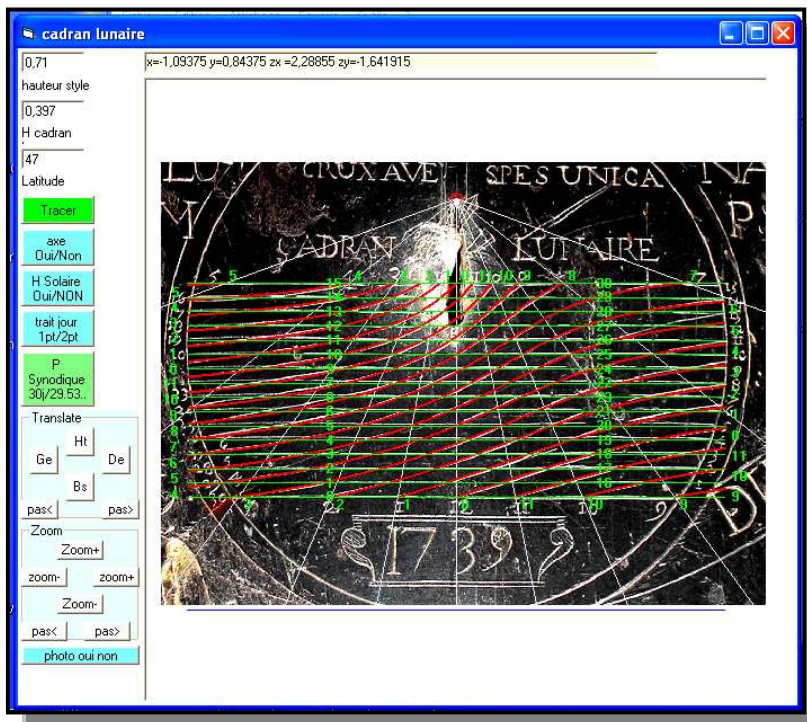


Nous sommes maintenant en possession d'un nombre important de repères fiables pour tenter de superposer les images, à savoir :

- La latitude (on prendra 47 degrés)
- La position du pied du style
- Une image conforme du cadran lunaire

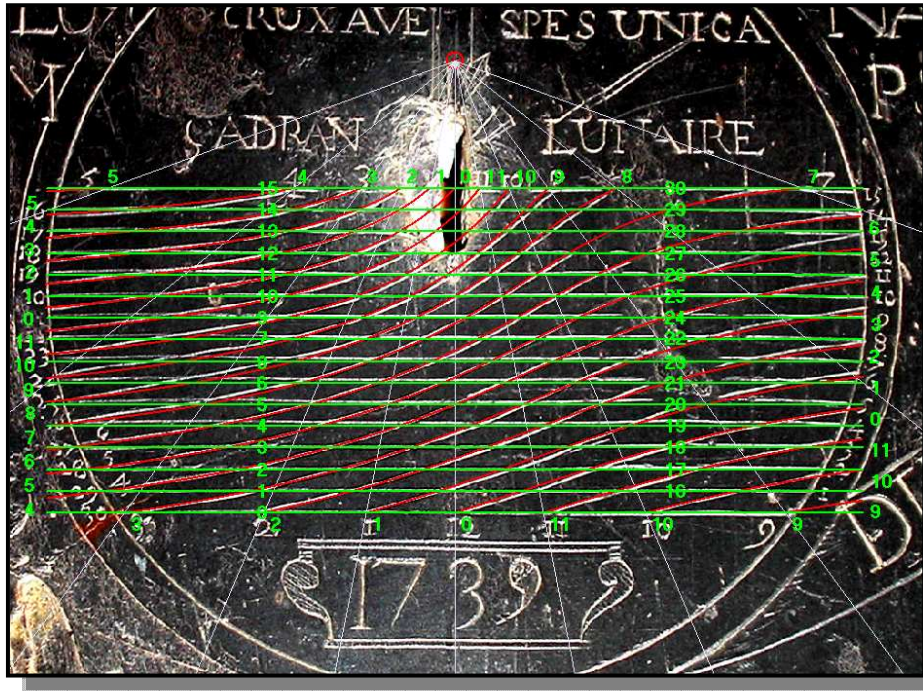
Superposition des images

On peut voir ci-dessous la copie de l'écran du logiciel de superposition, avec les paramètres ajustés pour la meilleure superposition à « l'œil ».



◀ Le logiciel permet tous les ajustements pour superposer les images dans le cas présent on voit la trace du cadran solaire outillage, défini par Ozanam et en particulier la qualité de la superposition des deux cadrans.

Il faut noter que la partie utile du cadran comprise entre les lignes d'âge de la lune 0 et 15 ne mesure que 45mm. Voir détails ci-dessous ▼



Les deux colonnes de chiffres verts sont les âges de la lune, les chiffres verts à l'extérieur du cadran sont les heures solaires

L'erreur de tracé la plus importante se situe sur la partie droite de la ligne d'heure 5 au niveau de la ligne d'âge 12-27, cela semble dû au fait qu'il n'y a pas de ligne d'heure solaire utilisable dans cette zone pour le tracé avec la méthode d'Ozanam. Pour les autres petites imperfections il faut les compter comme négligeables pour deux raisons :

L'imprécision inhérente au cadran lunaire

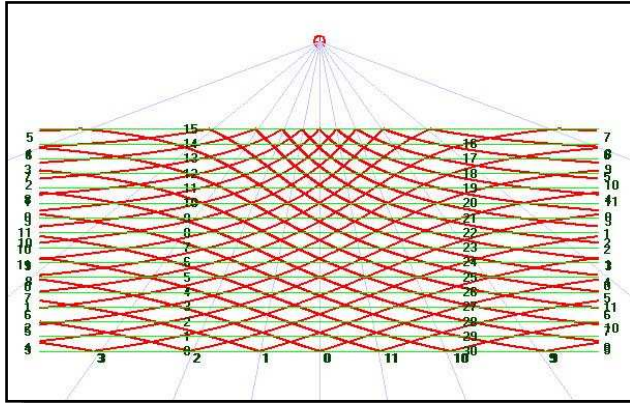
La difficulté de gravure d'un cadran de 45mm de haut sur de l'ardoise

Analyse des lignes d'âge de la lune sur le cadran en ardoise

A partir de la photo si dessous :



On voit que les lignes d'âge de la lune sont numérotées de 1 à 15 en montant sur la partie droite du cadran entre les deux cercles et de 30 à 16 en montant sur la partie gauche du cadran. La numérotation de 16 à 30 est inversée, en effet si l'on compare les deux âges de la lune 1 et 16 on trouve la position de la lune décalée de 180° par rapport au soleil, pour une même position de l'ombre de la lune sur le cadran l'heure solaire est donc décalée de 12h, comme celle-ci est indiquée modulo 12 les marquages sont confondus. Pour respecter les numérotations d'âge portées sur le cadran il faudrait deux réseaux de courbes et le cadran serait, à mon avis complètement inutilisable. Voir ci-contre l'allure d'un tel cadran.



On trouvera après la bibliographie une explication possible de cette erreur.

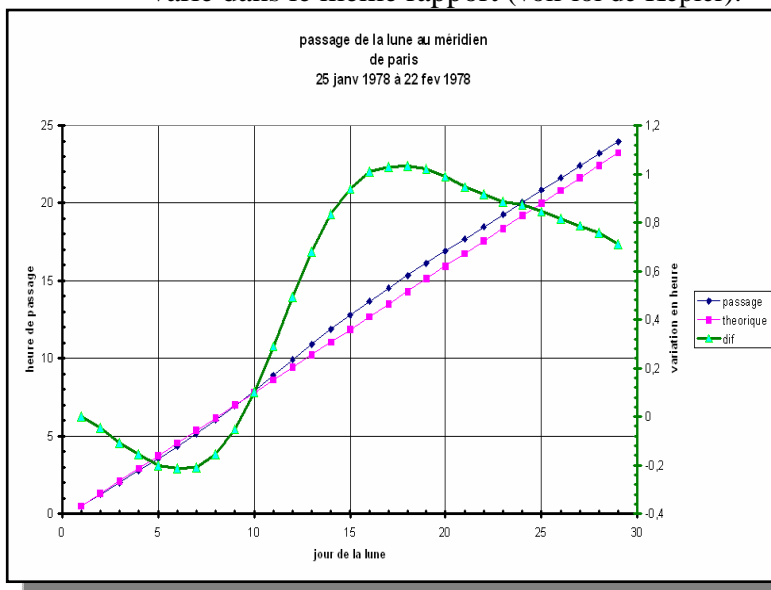
De l'utilisation du cadran lunaire

Lorsqu'on découvre pour la première fois, comme moi, un cadran lunaire les questions se bousculent en désordre, aussi je vais les traiter dans un ordre qui je l'espère conviendra au lecteur.

La variation du mouvement de la lune

La lune est peut être l'astre qui a donné le plus de fil à retordre aux astronomes calculateurs. Voici les éléments principaux de son orbite :

- L'inclinaison du plan de l'orbite de la lune sur l'écliptique varie de 5°0' à 5°18' avec une période de $\cong 173$ jours
- Longitude du nœud ascendant rotation de 360° en 18,61 ans
- Longitude du périégée rotation de 360° en 8,85 ans
- L'excentricité vaut 0,054900 soit plus de 3 fois celle de la terre, la distance terre lune varie de 56 à 64 rayons terrestres et sa vitesse angulaire instantanée varie dans le même rapport (voir loi de Kepler).



Tous ces éléments sont à rapporter au mouvement du soleil et l'équivalent d'une « équation du temps » de la lune par rapport au soleil est hors de portée des utilisateurs. Si les variations du mouvement du soleil sont, moyennant une approximation satisfaisante, à la portée des amateurs les mouvements de la lune avec la même approximation ne peuvent être obtenues

que des tables calculées par les professionnels.

En comparant les heures TU de passage au méridien de Paris de la lune réelle avec une lune moyenne (d'après annuaire du bureau des longitudes – éphémérides 1997) on trouve les valeurs représentées sur le graphique en bas de la page précédente.

La courbe « passage » donne l'heure TU de passage au méridien de la lune, la courbe « théorique » donne l'heure de passage au méridien d'une lune avec une marche à vitesse constante pour une période synodique de 30 jours (les ordonnées correspondantes sont à gauche). La courbe « dif » donne la différence entre les deux précédente (l'ordonnée est à droite). On remarque la valeur importante de cette variation dans un intervalle de 28 jours **environ 1 heure et 15 mn.** Soit une plage de + ou – 37 mn, valeur qui ne peut être obtenue que par des tables astronomiques précises. Il faut encore remarquer que la variation ainsi obtenue devrait être corrigée de « l'équation du temps » du soleil, de valeur plus faible dans le même intervalle de temps. Il faudrait, en fait, faire une analyse sur une durée plus longue (plusieurs années) pour obtenir un résultat plus précis, ce qui sort du cadre de cet article.

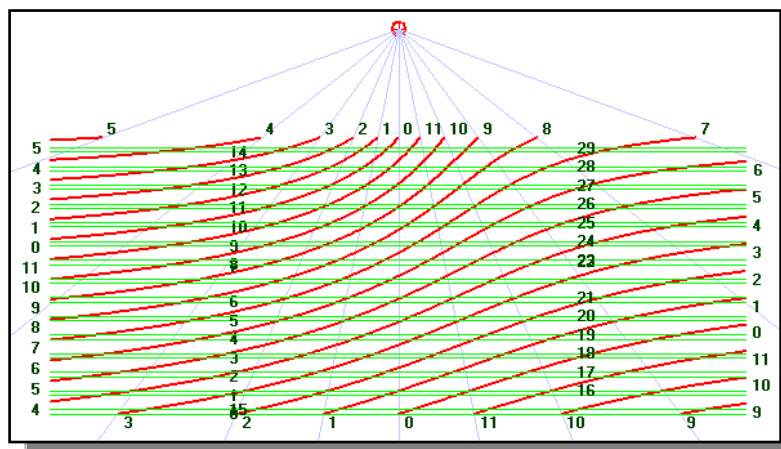
A partir de cette première estimation, non exhaustive, on voit qu'il est illusoire de vouloir obtenir à partir de l'ombre de la lune l'heure solaire avec une précision meilleure que + ou - 37mn dans le cas où on utilise la vitesse moyenne de la lune. En conséquence il faudra se contenter d'obtenir, avec l'ombre de la lune, l'heure solaire exprimée par un nombre entier sans chercher les fractions d'heure qui ne seront pas significatives.

Effet de l'âge de la lune

Le cadran utilise une période synodique de 30 jours, on peut se demander si l'utilisation de la période synodique moyenne de 29,530385 jours apporterait une meilleure précision. Pour répondre à cette question il faut examiner divers éléments.

Rien qu'en observant la phase de la lune un utilisateur « moyen » ne connaît certainement pas l'âge de la lune avec une précision meilleure que 1 ou 2 jours, si il utilise un almanach genre « calendrier des postes » il obtiendra une précision de la journée, ou mieux. Il faut comparer la précision d'une journée qui donne en moyenne une variation de 48 mn avec les variations de marche de la lune qui donne une plage de 1h 15mn. La précision de la journée est donc amplement suffisante.

L'utilisation du cadran avec un tracé des lignes d'âge de la lune dédoublée (pour une période synodique de 29,530385 jours) est complexe. Voir l'image ci-dessous d'un cadran qui calculé avec cette période synodique moyenne de la lune. L'augmentation de la difficulté de lecture n'apportera pas une précision meilleure, compte tenu de l'irrégularité du mouvement de la lune.



L'utilisation synodique de 30 jours, dans ce type de cadran, est parfaitement justifiée.

d'une période

A quel moment le cadran est-il utilisable ?

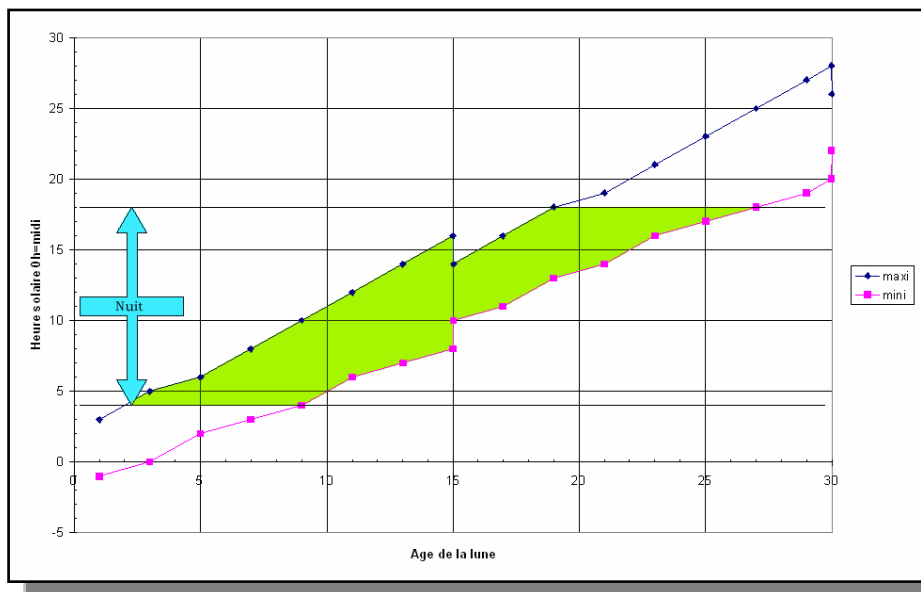
Pour avoir une idée du problème, supposons que nous soyons à la nouvelle lune, deux phénomènes se conjuguent :

- La lune n'émet pas de lumière, elle est invisible, donc pas d'ombre.
- La lune est proche du soleil et elle se couche et se lève en même temps que lui, elle n'est donc pas au dessus de l'horizon la nuit, donc totalement inutilisable.

En portant sur un graphique les heures extrêmes lues sur un cadran en fonction de l'âge de la lune on a une idée des plages horaires où elle est utilisable. Pour simplifier cette étude nous supposons être le jour de l'équinoxe. L'axe des ordonnées est gradué en heure solaire avec 0h à midi et 12 h à minuit, la nuit est repérée sur le graphique. La zone colorée en vert clair marque la plage horaire où le cadran est utilisable. Les approximations suivantes sont effectuées :

- La nuit tombe immédiatement
- L'éclairage de la lune porte toujours une ombre

La plage horaire du cadran diminue avec l'éloignement de la ligne d'âge, du pied du style, ceci est particulièrement visible avec la discontinuité pour la lune de 15 jours. De ce graphique on peut déduire que le cadran n'est utilisable que moins d'un quart du temps la nuit en moyenne.



Conclusion

Le cadran lunaire donne l'heure avec une plage de précision probable d'environ 1h 30mn, il est lisible un quart du temps la nuit (à condition qu'il n'y ait pas de nuages).

Que d'effort pour un si piètre résultat ! Mais il est la preuve de l'intelligence, de la culture, de la curiosité, d'un ancien homme de l'art et de son commanditaire. Cependant si le cadran a, jadis, servi d'excuse à des amoureux pour se rencontrer au clair de lune, il aura alors rendu plus de service que bien d'horribles choses dites utiles

Pour mon compte, et grâce à lui, j'ai pu rencontrer et dialoguer avec de nombreuses personnes passionnantes pour le dépouiller de ses mystères, remettre mes pas dans ceux d'un ancien cadranier, replonger avec plaisir dans les ouvrages anciens, et comprendre un peu mieux l'espace qui nous entoure.

Quelques éléments de bibliographie

Repères historiques

Par rapport à la datation du cadran, 1739, voici quelques repères :

- Dom Pierre de Sainte Marie Madelaine a publié le « TRAITE D’HORLOGIOGRAPHIE » date du privilège du roi 7 juillet 1645
- Jacques Ozanam (1640 – 1717) a publié son premier traité de gnomonique en 1678
- Louis xv est couronné roi de France depuis 1722 il a 29ans
- Maupertuis a 41 ans, il revient de mesurer le méridien en Laponie
- Euler à 32 ans
- Diderot a 26 ans
- Jean le Rond d’Alembert a 22ans
- Le premier tome de l’Encyclopédie sortira en 1751

Eléments de bibliographie

° Pour l’ensemble de la bibliographie j’ai reçu une aide précieuse de : Paul Gagnaire, Jean Paul Cornec et Denis Savoie.

° Dans : De Clavius (Christphoro Clavio) (1538 – 1612) **Fabrica et usus instrumenti ad horologiorum descriptionem...** Rome 1586 Texte en latin

Je n’ai pas trouvé de gravure décrivant ce genre de cadran lunaire

° Dans : **TRAITE D’HORLOGIOGRAPHIE** De Dom Pierre de Sainte Marie Madelaine il y a un chapitre sur le sujet : CHAPITRE X Des Horloges Nocturnes par le moyen de la lune & des Etoile PROPOSITION I Connoître de nuit l’heure courante par le rayon de la Lune Page 233 de l’édition de M DCCI

La méthode décrite dans l’ouvrage ne correspond pas au cadran étudié, il s’agit d’un dispositif avec pièces tournantes pour convertir l’heure marquée en heure solaire à partir de l’âge de la lune.

Voir en annexe les copies partielles des documents suivants.

° Dans : **RECREATION MATHEMATIQUE ET PHYSIQUE** Tome 3 De Ozanam, Jacques Edition de 1778 .Téléchargé à la BNF, disponible aussi sur le site du CNAM (copie de meilleure qualité) Référence sur la copie de la BNF :

A la page numéroté 278 de l’ouvrage accessible par la page 284 de la copie numérique (et les 3 pages qui suivent) PROBLEME XXXVI *Construire un cadran qui marque l’heure à la lune*

Et le dessin correspondant « récréation...gnomonique planche 18 fig. 37) accessible à la page 471 de la copie numérique on trouve le cadran lunaire identique à celui étudié.

° Dans : **L’ENCYCLOPEDIE DIDEROT D’ALEMBERT**. Pour la figure voir :

RECUEIL DE PLANCHES, sur LES SCIENCES, LES ARTS LIBERAUX, et LES ARTS MECANIQUES, ASTRONOMIE Pl. II *Gnomonique fig. 19*

Je ne suis pas parvenu à trouver le texte correspondant avec Internet (Bizarre pour un ouvrage fondamental ?) cependant j’en possède une copie faite à partir de l’article gnomonique. Le cadran correspond à celui étudié, la méthode de tracé est identique à Ozanam.

° Dans : **ORION Bulletin de la Société Astronomique Suisse** 32^e année, page 1-40, No. 140 Février 1974 Page 7 & 8 Article : Le Cadran Lunaire par L. Janin, Sévres

Il y a une description d’un cadran lunaire, identique à celui étudié, à partir de :

Ozanam, J. Cours de mathématique, Traité de gnomonique. Paris 1693. Il donne aussi deux autres références :

Millet de Challes, Cl. Fr. Cursus seu mundus mathematicus. Lyon 1674

Wolffius, Chr., Eléments de gnomonique, Genève 1740

° On trouve aussi le type de cadran lunaire étudié dans :

Rafaël SOLER GAYA Diseno y construccion de Relojos de Sol y de luna Métodos graficos y Analiticos 2ème edicion 1997 Ed: Colegio de ingeniores de caminos, canales y puertos

Demarcacion de Baleares Coleccion de ciencias, humanidades e ingeniera N° 29 Corso Almagro 42 28004 MADRID ISBN 84 - 380 - 0128 -9 Voir tout le chapitre X 6: Relojos lunares pages 405 à 413

° Et dans : **Amiral Girolamo FANTONI** Orologi solari Ed. Technimedia (Roma) 1988 Via C. Perrier 9 00157 Roma Voir Livre IV, chapitre XXXIX pages 500 à 509

A la poursuite d’une erreur

Jacques Ozanam publie son premier traité de gnomonique en 1678 il meurt en 1717. La gravure présentée dans la revue ORION, extraite de l’ouvrage de 1693 est convenable pour le sens d’écriture des âges de la lune entre 16 et 30 jours, alors que dans la réédition de 1778

ce sens est inversé (faux) et la gravure est différente. Le cadran analysé qui présente cette inversion est daté de 1739.

On peut penser que du vivant d'Ozanam les plaques gravées sont conservées, mais qu'après sa mort elles disparaissent ou sont inutilisables et de nouvelles gravures sont refaites. Sans l'œil du maître une erreur a pu se glisser dans les rééditions. Il faut noter qu'il n'y a pas d'explications dans le texte sur la manière de dater les lignes d'âge de la lune. Si le cadran en ardoise a bien été réalisé à partir de cette gravure, dans l'état de mes connaissances, on peut dire que les nouvelles gravures apparaissent entre 1693 et 1739. Pour une plus grande précision dans la datation il faudrait pouvoir consulter toutes les éditions successives des travaux d'Ozanam.

Qualité des tracés des gravures

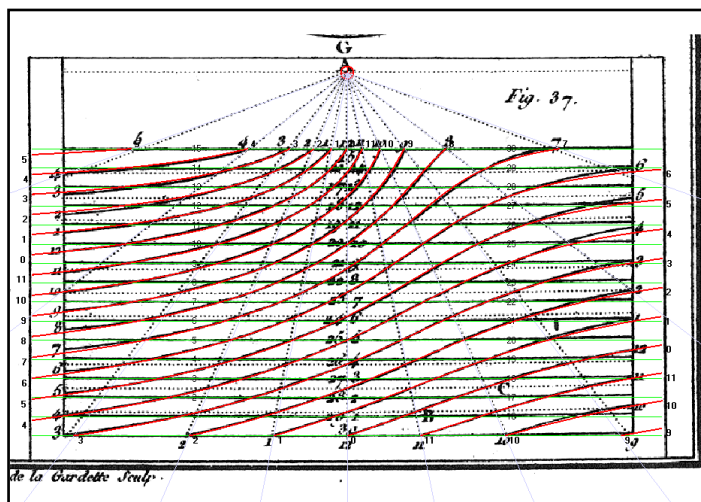
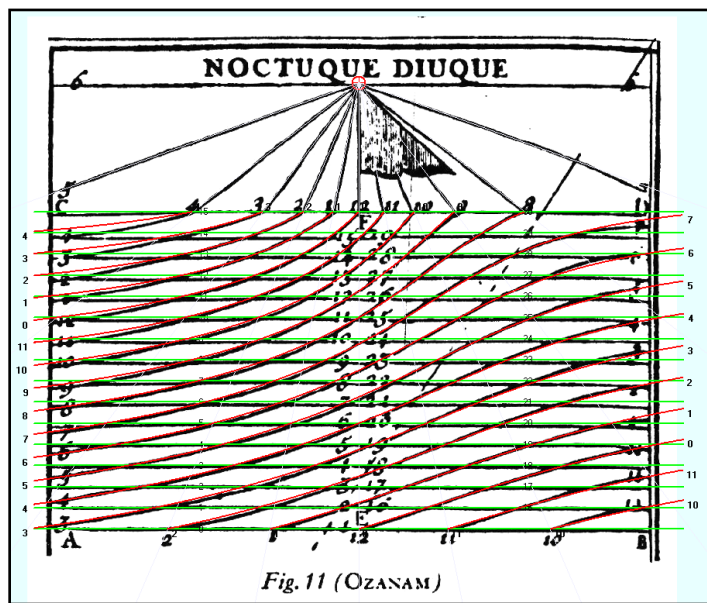
A partir du logiciel que j'ai rédigé j'ai pu superposer un tracé théorique ajusté au mieux sur les diverses gravures trouvées. Voilà le résultat de ce travail. La superposition n'est pas l'objet d'un calcul mais d'un ajustement « à l'œil ».

En rouge les lignes d'heure et en vert les lignes d'âge de la lune.

Excepté pour l'encyclopédie, je ne ferais pas de commentaires sur la qualité des tracés je laisse le lecteur admirer le travail des anciens.

Gravure dans Ozanam 1693:

La latitude est réglée à 48°

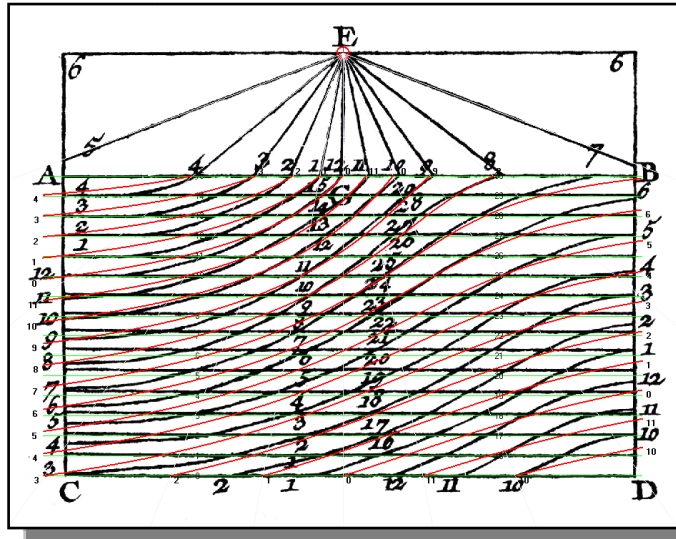


Gravure dans Ozanam 1778:

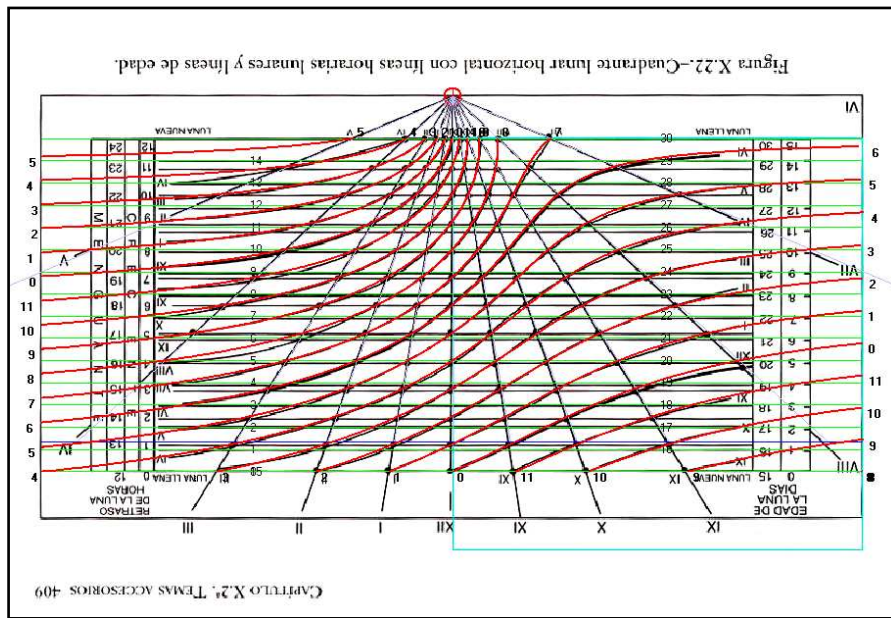
La latitude est réglée à 49°

Gravure de l'encyclopédie Diderot d'Alembert: La latitude est réglée à 45°

Je n'ai pas pu trouver de combinaison expliquant ce tracé, il suffit de regarder le point 12h pour la nouvelle lune pour se convaincre de l'erreur du tracé (il devrait être sur l'axe de symétrie). L'histoire nous enseigne les diverses difficultés, interdictions, manque de moyen des encyclopédistes, aussi je pense qu'il faut être indulgent et ne pas critiquer à la légère cet énorme travail, comme disent les enseignants chevronnés « les bons élèves auront rectifié d'eux même »



Dans Rafaël SOLER GAYA: La latitude est réglée à 39°, l'auteur étant des Baléares ceci explique cela.



Traduction des devises latines

Pour ce travail il s'agit d'une copie de la traduction et des commentaires effectués aimablement par M Gagnaire. Les devises sont repérées sur la photo ci-dessous.



Devise N°1 angle Nord-Ouest

Lecture : ORA NE TE PROBAT HORA Traduction : Prie pour que cette heure-ci ne te mette pas à l'épreuve

Outre le jeu de mots sur HORA et ORA, on peut préciser que le chrétien, comme un métal précieux qu'on soumet à l'épreuve, doit, à l'heure de sa mort, subir d'abord cette mort elle-même, ce qui peut se révéler comme une rude épreuve, puis le jugement de Dieu qui éprouvera l'aptitude du défunt au salut éternel en fonction de son degré de sainteté.

En revanche, pourquoi cette heure-ci serait-elle moins propre à l'épreuve qu'une autre ?

Toujours l'idée que l'heure de la mort doit être préparée, ce qui ne se fait pas en regardant un cadran solaire.

Devise N°2 angle Nord-Est

Désolé, je n'ai rien pu lire

Devise N°3 angle Sud-Ouest

Lecture : EX HIS UNAM CAVE HORAM Traduction : Parmi toutes ces heures, crains-en une. On trouve parfois aussi le texte : EX HIS UNAM CAVE. UNAM. Ce qui est encore plus catégorique puisque cela se traduit par : De toutes ces heures, crains-en une. Une seule !

Devise N°4 angle Sud-Est

Lecture : FUGIT RETRO LEVIS HORA Traduction : L'heure légère s'enfuit derrière toi ou : Elle s'enfuit derrière toi, l'heure légère. Pas de commentaires

Devise N°5 bandeau septentrional

Lecture : PRETERIT ILLE DIES NASCITUR ORIGO SECUNDI ...
AN LABOR ? AUT REQUIES ? SIC TRANSIT FABULA MUNDI

Traduction : Il s'en va, ce jour présent. L'aube du suivant est en train de naître. Sera-t-il travail ? Ou bien repos ? Ainsi passe la fable du monde !

On peut penser que le repos évoqué est le repos éternel. Ce serait bien conforme à la coloration mélancolique de cet ensemble de devises et à ce dernier membre de phrase qui parle de la fable du monde, ce qu'on pourrait aussi traduire par comédie.

Le SIC TRANSIT provient d'une déformation de la sentence que jadis on proférait devant le pape nouvellement élu en faisant flamber un peu d'étope devant son visage : SIC TRANSIT GLORIA MUNDI = C'est ainsi que passe la gloire du monde !

On trouve déjà une sentence analogue dans l'Imitation de Jésus-Christ, I, 3, 5 : " Oh ! que la gloire du monde passe vite.

Quant au mot "fabula" il a peut-être été choisi en souvenir des dernières paroles d'Auguste, sur son lit de mort : "ACTA EST FABULA" soit : "La pièce est finie" phrase qui annonçait aux spectateurs, dans les théâtres romains, que la représentation était terminée.

Devise N°6 : en dessous de la précédente

Lecture : PER DIEM SOL NON URET TE NEQUE LUNA PER NOCTEM
Psal :120. Traduction : Le Soleil ne te brûlera pas, pendant le jour, ni la Lune pendant la nuit.

Psaume : 120 (121 dans la numérotation actuelle)

Tout le sens de ce psaume est que l'Eternel est le gardien attentif du fidèle qui met sa confiance en lui.

Devise N°7 de part et d'autre de la croix

Lecture : O CRUX AVE SPES UNICA Traduction: Salut, o croix, unique espérance. Sans commentaires

Devise N°8 en arrondi, de part et d'autre du cercle orné de la croix

Lecture : NOCTUQ : DIUQUE

Interprétation : NOCTUQUE DIUQUE

Traduction : Jour et nuit (au sens adverbial) *Identique à la gravure de Ozanam 1693 (note de G.B.)*

Devise N°9 la dernière de haut en bas, avec son dernier mot coupé par le style

Lecture : [H] ORA NECAT [Q]UOD UMBRA NO[T]AT Traduction : L'heure tue ce que l'ombre désigne.

Cette devise comporte trois lettres suppléées. Il n'y a guère d'hésitation pour le H de HORA pas plus que pour le Q de QUOD. En revanche, si le T médian de NOTAT semble bien correspondre à ce qu'on devine sur l'ardoise, il contribue à former une devise au sens peu intelligible. En effet, que désigne l'ombre ? L'heure elle-même. Alors comment l'heure peut-elle se tuer elle-même ?

Essayons de prendre QUOD non plus pour un relatif mais pour une conjonction = parce que. Nous obtenons : L'heure tue parce qu'elle marque d'une ombre.

Alors essayons de lire NOVAT au lieu de NOTAT. Cela donne : "L'heure tue ce que l'ombre remplace". On s'approcherait d'un sens voisin de l'idée que l'ombre qui remplace sans cesse chaque heure par une nouvelle, tue celle qu'elle vient d'abandonner.

ANNEXE calcul de la latitude

La première méthode qui me vient à l'idée pour trouver la latitude est de travailler dans le plan méridien (plan vertical orienté nord sud) à partir des mesures correspondantes sur l'image. Ces mesures sont effectuées en unité arbitraire à l'aide des outils de [Adobe Photoshop 6].

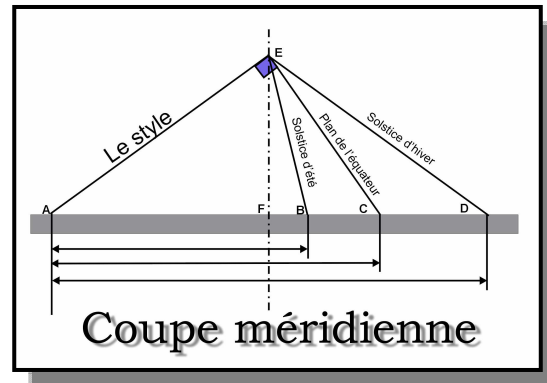
Sur cette figure on a :

- L'angle EAF = latitude (valeur à trouver)
- AB=7.6
- AC=11.2
- AD=20.8

(Valeur en unité arbitraire)

On utilisera par la suite trois valeurs (indice m pour mesuré): AC_m=11.2; BC_m= 3.6; CD_m = 9.6 et $ecl = 23^{\circ}28'$ (angle de l'écliptique);

Lat = latitude choisie



On calcul dans l'ordre :

$$EC = AC_m \times \sin(Lat); \quad EF = EC \times \cos(Lat); \quad AF = EF / \tan(Lat);$$

$$FB = EF \times \tan(Lat - ecl); \quad FD = EF \times \tan(Lat + ecl); \quad BC = AC_m - (AF+FB)$$

$$CD = (AF + FD) - AC_m$$

Avec Abs qui signifie : valeur absolu

$$\text{erreur} = \text{Abs}(CD - CD_m) + \text{Abs}(BC - BC_m)$$

A partir de là il faut faire varier la latitude pour trouver la valeur minimum du terme erreur, pour ces valeurs je trouve **46,75 degrés décimaux**.

Commentaire sur cette procédure :

Les formules pourraient être regroupées en une seule et simplifiées, mais j'ai pris cette habitude en programmation, la détection d'erreur est plus facile et la gestion des points durs comme $\tan(90^{\circ})$ ou division par zéro (la plaie de l'écriture des logiciels) est beaucoup plus rapide en détaillant le calcul, enfin l'objectif est d'arriver à un résultat juste avec le moins d'effort et dans le temps le plus court. Que l'ordinateur enchaîne les calculs ou que je les regroupe avant, la meilleure solution est la plus brève, non ?

Les mesures ont été refaites directement sur le cadran on trouve alors : AC = 47,5mm; AC = 68 mm; Ad = 127 mm

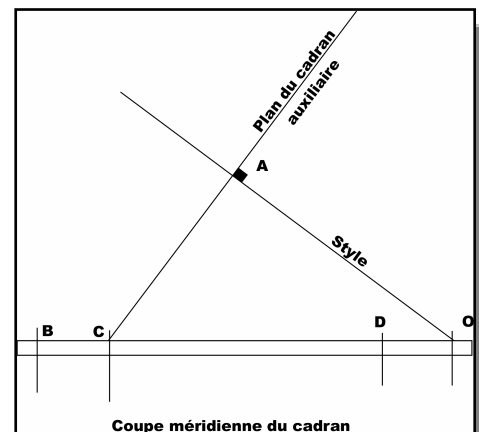
Pour ces valeurs l'optimisation donne **46.95 degrés décimaux**, valeur très proche de la précédente nous prendrons pour la suite **la valeur de 47°**. Il faut noter que la valeur de la latitude de Poitiers est $46^{\circ}35'$. Dans l'ouvrage de « De Dom Pierre de Sainte Marie Madelaine », (voir bibliographie) on trouve déjà pour latitude de Poitiers $46^{\circ}35'$, Ozanam ne donne pas la latitude de Poitiers.

ANNEXE calcul du cadran lunaire

Dans le plan méridien

Définition des éléments :

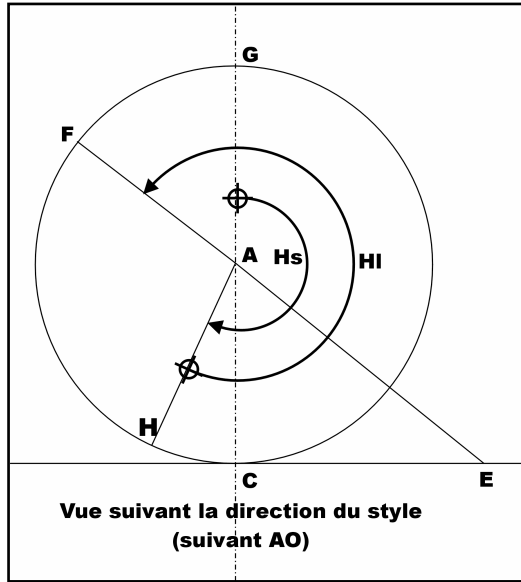
- AOB = latitude du lieu (donné)
- OD = distance de : la ligne d'âge de la lune 15 jours, au pied du style (donné)
- OB = distance de : la ligne d'âge de la lune 0 jour, au pied du style
- DB = largeur utile du cadran lunaire (donné)
- Agl = âge de la lune en jours (donné)
- Hsol = heure solaire en heures



- Per = période synodique de la lune en jours (donné)
- K = coefficient en longueur / jour

Calcul des premiers éléments: $K = DB / (Per / 2)$; $BC = (Agl \text{ modulo } (Per/2)) \times K$
 $OC = OD + DB - BC$ (détermine l'endroit où tracer la ligne d'âge [Agl] de la lune)
 $AC = OC \times \cos(AOB)$ (utilisé en suite)

Dans le plan du cadran auxiliaire



Avec les lettres A et C qui correspondent à la figure précédente :

- AF direction de la lune
- AH direction du soleil
- AE direction de l'ombre de la lune
- CE Droite d'âge de la lune
- E le point où marquer l'heure solaire Hsol (modulo 12)
- AG direction du soleil à midi

En exprimant les angles en degrés :

Pour Hsol de 0 à 24h

L'arc Hs = Hsol x 15 (toujours >0)

Pour Agl de 0 à Per

L'arc HI = Agl x 360 / Per (toujours >0)

CAE = CAH + HAE

CAE = CAG + GAH + HAF + FAE

Avec le sens positif des angles vus sur la figure dans le sens des aiguilles d'une montre

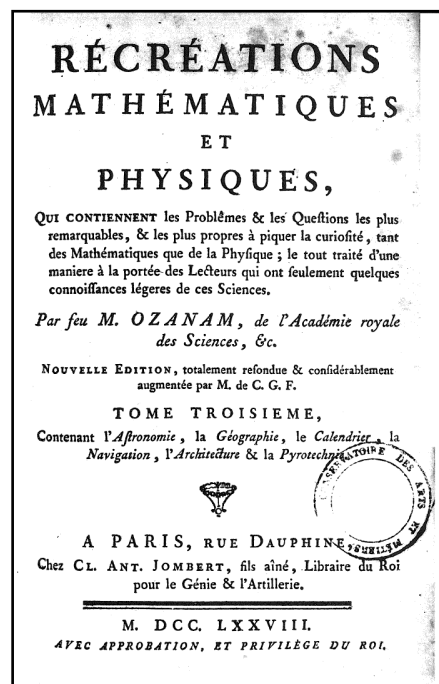
CAE = -180 + Hs - HI + 180

CAE = Hs - HI

CE = AC x tan(CAE)

ANNEXE BIBLIOGRAPHIQUE

Ozanam



278 RÉCRÉATIONS MATHÉMATIQUES.

fur l'heure du passage par le méridien du jour auquel vous voulez trouver l'heure. La machine étant ainsi disposée, observez quelle heure marque l'ombre de la lune sur un cadran horizontal : la même heure sur la plaque mobile vous montrera, vis-à-vis sur la plaque immobile, la vraie heure au soleil.

PROBLÈME XXXVI.

Construire un Cadran qui marque l'heure à la lune.

POUR se servir de ce cadran, il est nécessaire de connoître l'âge de la lune ; ce qu'on peut toujours sçavoir au moyen d'un Almanach des plus communs, ou au moyen de quelqu'une des pratiques dont nous avons parlé en traitant de l'astronomie.

Afin donc de décrire un cadran lunaire sur quelque plan que ce soit, par exemple un plan horizontal, tracez sur ce plan un cadran horizontal solaire pour le lieu où vous êtes ; tirez à volonté les deux lignes 5 7, 3 9 parallèles à l'équinoxiale, dont la première étant prise pour le jour de la pleine lune, la seconde représentera le jour de la nouvelle, où les heures lunaires conviennent avec les solaires : ce qui fait que les points horaires, marqués sur ces deux parallèles par les lignes qui partent du centre du cadran A, sont communs au soleil & à la lune.

Cette préparation étant faite, divisez l'espace terminé par les deux lignes parallèles 3 9, 5 7, en douze parties égales ; menez à ces deux mêmes lignes, par les points de division, autant de lignes

GNOMONIQUE. 279

parallèles, qui représenteront les jours de la lune auxquels elle s'éloigne successivement d'une heure, par son mouvement propre vers l'orient, & auxquels par conséquent elle passe au méridien d'une heure plus tard chaque jour : ainsi la première parallèle 4, 10, étant le jour auquel la lune passe au méridien une heure plus tard que le soleil, le point B, de 11 heures à la lune, sera le point de midi au soleil ; la suivante 5, 11, représentant le jour auquel la lune passe au méridien 2 heures après le soleil, le point C, de 10 heures à la lune, sera le point de midi au soleil ; & ainsi des autres.

Il est évident que si l'on joint les points 12, B, C, & tous les autres qui appartiendront à midi, & que l'on peut trouver par un raisonnement semblable au précédent, par une ligne courbe : cette ligne courbe fera la ligne méridienne lunaire. C'est de la même façon qu'on tracera les autres lignes horaires à la lune ; & il ne faut que regarder la figure pour le comprendre.

Parceque la lune emploie environ quinze jours depuis sa conjonction avec le soleil jusqu'à son opposition, c'est-à-dire depuis qu'elle est nouvelle jusqu'à ce qu'elle soit pleine, ou diamétralement opposée au soleil, ensorte qu'elle se leve quand le soleil se couche ; on effacera toutes les parallèles précédentes, excepté les deux premières, 5 8, 3 9 ; & au lieu de diviser leur intervalle en douze parties égales, on le divisera en quinze, pour tirer par les points de division d'autres parallèles, qui représenteront les jours de la lune, auxquels par conséquent on ajoutera les chiffres convenables, comme nous avons ici fait le long de la ligne méridienne, par le moyen desquels on

S iv

280 RÉCRÉATIONS MATHÉMATIQUES.

connoîtra de nuit l'heure du soleil aux rayons de la lune, en cette sorte.

Appliquez au centre du cadran A un axe, c'est-à-dire une verge qui fasse à ce centre A, avec la méridienne A 12, un angle égal à l'élevation du pôle sur le plan du cadran, que nous supposons horizontal : cet axe montrera, par son ombre sur le jour courant de la lune, l'heure qu'on cherche.

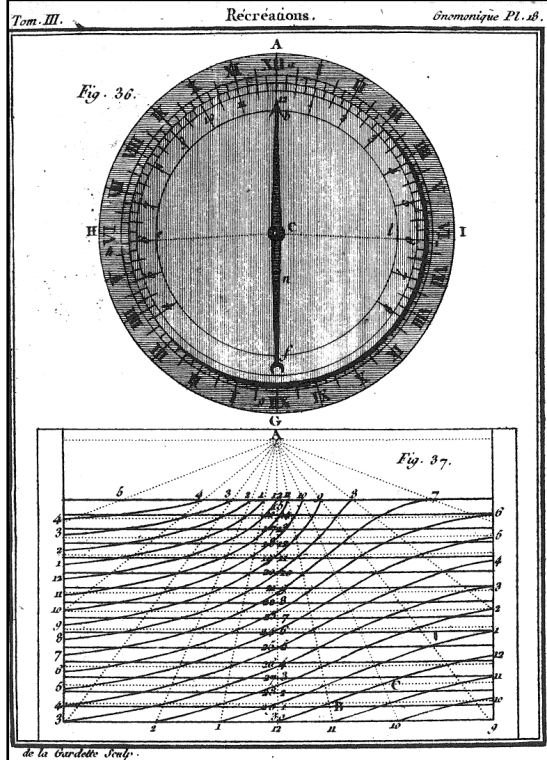
PROBLÈME XXXVII.

Décrire les arcs des signes sur un cadran solaire.

P A R M I les accessoires qu'on a imaginé d'ajouter aux cadrans solaires, les arcs des signes ne sont pas un des moins agréables ; car on voit avec plaisir, par leur moyen, dans quel signe est le soleil, & l'on suit, pour ainsi dire, sa marche dans le zodiaque : c'est pourquoi nous croyons ne pas devoir omettre dans cet ouvrage la manière de tracer ces arcs.

Nous supposons, pour abrégé, que le plan est horizontal. On commencera donc par y décrire un cadran tel que l'exige la position de ce plan, c'est-à-dire horizontal ; on y placera de la manière convenable un style droit, & terminé ou par un bouton sphérique, ou par une plaque circulaire, ayant à son centre un trou d'une ligne ou deux de diamètre, suivant la grandeur du cadran. Cela fait, vous opérerez ainsi.

Qu'il s'agisse, par exemple, de décrire l'arc qui répond au commencement du signe du Scorpion ou des Poissons. Vous trouverez d'abord ainsi le point de la méridienne où cet arc la coupe, en cherchant dans la table des hauteurs du soleil à chaque heure du jour (pour la latitude de Paris,

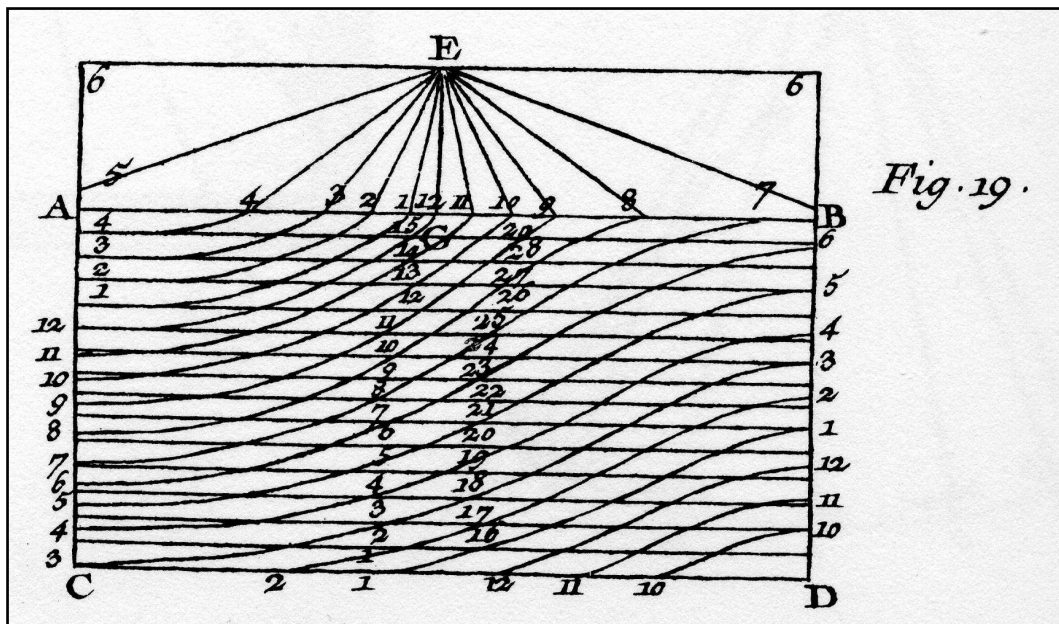


Encyclopédie Diderot d'Alembert

Le cadran à la lune ou le *cadran lunaire* est celui qui montre l'heure de la nuit, par le moyen de la lumière ou de l'ombre de la lune, qu'un *index* jette dessus.

Tracer un cadran lunaire. Supposons, par exemple, que l'on demande un *cadran lunaire horizontal* : décrivez d'abord un *cadran solaire horizontal* : élevez ensuite les deux perpendiculaires AB & CD , (*fig. 19.*) à la ligne de douze heures ; & divisant l'intervalle GF en douze parties égales, par les différents points de division, tirez des lignes parallèles. Maintenant si on destine la première ligne CD au jour de la nouvelle lune, & la seconde au jour où la lune arrive au méridien, une heure plus tard que le soleil ; & enfin la dernière ligne AB au jour de la pleine lune : les intersections de ces lignes avec les lignes horaires donneront des points, par lesquels on tracera une ligne courbe 12 12, qui sera la ligne méridienne de la lune ; on déterminera ensuite de la même manière les autres lignes horaires, 11, 22, 33, &c. lesquelles seront coupées aux heures solaires correspondantes & respectives, ou par l'ombre de la lune, que jettera le style du *cadran*. On effacera les lignes horaires du *cadran solaire*, aussi bien que les perpendiculaires, par où l'on a tiré les heures lunaires ; & on divisera l'intervalle GF par d'autres lignes parallèles en quinze parties égales, qui répondent aux quinze jours entre la nouvelle & la pleine lune. Enfin on écrira auprès de ces lignes les différents jours de l'âge de la lune.

Maintenant, connoissant par un calendrier l'âge de la lune, l'intersection de la ligne de l'âge de la lune, avec les lignes horaires de la lune, donnera l'heure de la nuit.



La revue Orion

ORION

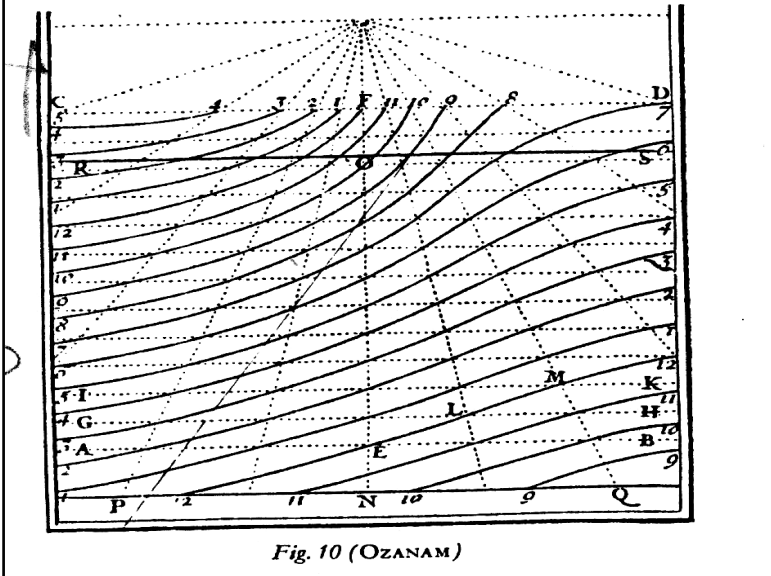
Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

32. Jahrgang, Seiten 1–40, Nr. 140, Februar 1974 32^e année, pages 1–40, No. 140, Février 1974

Le Cadran Lunaire

par L. JANIN, Sèvres

Au lieu d'avoir à corriger les indications de l'ombre lunaire sur un cadran solaire, on a cherché à construire un cadran (horizontal) sur lequel l'ombre lunaire marquerait directement l'heure solaire. Les auteurs qui s'y sont appliqués^{7), 8), 11)} sont partis de l'idée d'une lune «fictive» qui ne mettrait que 12 jours à passer de la NL à la PL. Traçons alors (voir fig. 10) 12 lignes horizontales affectées à partir du bas aux jours de 1 à 12 puis de 13 à 24 de cette lune fictive. Prolongeons les lignes horaires du cadran horizontal au travers de ces parallèles. Considérons la ligne horaire 12; son point de contact E avec la parallèle AB donne l'heure 12 solaire. Le lendemain la lune ayant par hypothèse une heure de retard, l'heure 12 solaire sera donnée par l'heure 11 lunaire, c'est-à-dire par le point de contact de la ligne 11 avec la parallèle GH, et ainsi de suite. La ligne unissant ces différents points de contact marquera donc le lieu des heures 12 solaires. On établira de même les lignes des heures 11, 10 etc.



Mais cette lune fictive n'a été qu'un moyen commode de tracer les courbes d'heures*); il faut revenir à la lune réelle (voir fig. 11), effacer les 12 lignes horizontales, les remplacer par 15 lignes horizontales, désormais affectées à des jours de lune et graduées de bas en haut de 1 à 15 et de 16 à 29. On peut également supprimer les prolongations des lignes horaires du cadran solaire. Il reste un réseau : parallèles-jours et courbes horaires. L'ombre lunaire coupera en un point ce déterminé la parallèle du jour considéré. L'heure solaire sera alors déterminée par la position de point au regard des courbes horaires – soit directement s'il est sur une courbe, soit par interpolation s'il est entre deux courbes. Pour que cette lecture ait quelque précision, il faut évidemment établir un cadran d'assez grandes dimensions comportant des courbes horaires assez espacées. Nous n'en connaissons aucune réalisation, ni en horizontal, ni en vertical, et l'exposé des auteurs cités reste uniquement la preuve de leur ingéniosité. Un processus analogue a cependant été adopté sur un tableau mural de corrections, apposé sur le dessin d'un cadran équatorial, où les lignes horizontales deviennent circulaires, et qui est mieux utilisable pour les heures extrêmes (Lycée STENDHAL à Grenoble: Cadran BONFA, 1673, Horologium novum).

Un astronome du XVIII^e siècle, J. H. LAMBERT⁶⁾ a recherché l'utilisation des éphémérides pour obtenir

des lectures plus précises sur les cadrans lunaires. Il rappelle d'abord que la durée du mouvement moyen de la lune pour exécuter son tour journalier autour du ciel est de 24^h50^m28^s**. Les éphémérides donnent chaque jour l'heure de culmination de la lune, c'est-à-dire son passage au méridien. Cette heure, donnée en TU pour un lieu déterminé, est à rectifier en tenant compte de l'écart de longitude avec le lieu d'observation.

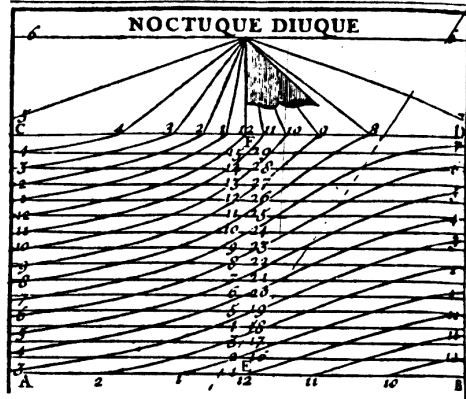


Fig. 11 (OZANAM)

Bibliographie :

- 1) BION, N., Construction des instruments de mathématiques. Paris, 1709.
- 2) BULLANT, J., Géométrie et horlogiographie. Paris 1608.
- 3) DOM PIERRE de Sainte Marie Magdeleine, Horlogiographie. Paris, 1645.
- 4) JANIN, L., Le cadran «aux étoiles». ORION No 133 (1972).
- 5) KIRCHER, A., Ars magna lucis et umbrae. Rome, 1646.
- 6) LAMBERT, J. H., Ephemeriden für das Jahr 1776. Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1775.
- 7) MILLIET DE CHALLES, CL. FR., Cursus seu mundus mathe-

- maticus. Lyon 1674.
 - 8) OZANAM, J., Cours de mathématiques, Traité de gnomonique. Paris 1693.
 - 9) ROHR, RENÉ, R. J., Les cadrans solaires. Paris, 1965.
 - 10) WELPER, Gnomonica. Nuremberg 1708.
 - 11) WOLFUS, Chr., Eléments de gnomonique, Genève 1740.
- Ouvrages généraux de référence: ZINNER, E., Astronomische Instrumente des 11.-18. Jahrhunderts. München, 1967. BOBINGER, MAX, Alt-Augsburger Kompassmacher. Augsburg 1966.
- Adresse de l'auteur : L. JANIN, 12, Cersaie, F 92310 Stèvres.

Soler Gaya

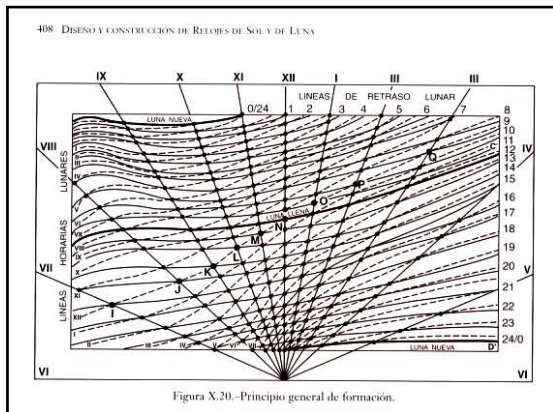


Figura X.20.-Principio general de formación.

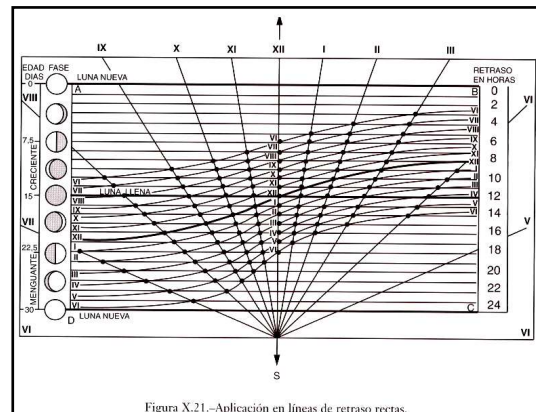


Figura X.21.-Aplicación en líneas de retraso rectas.

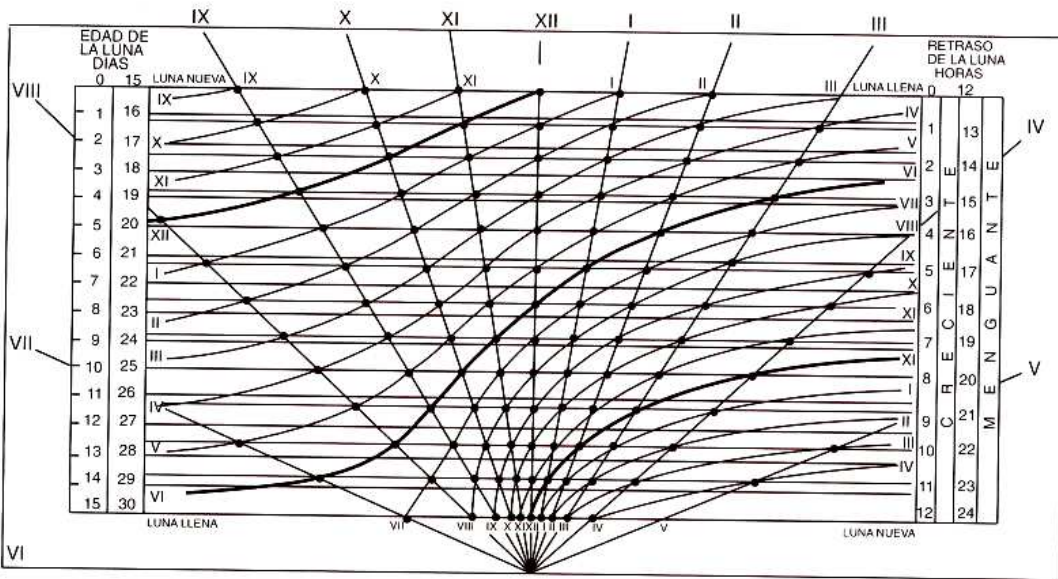
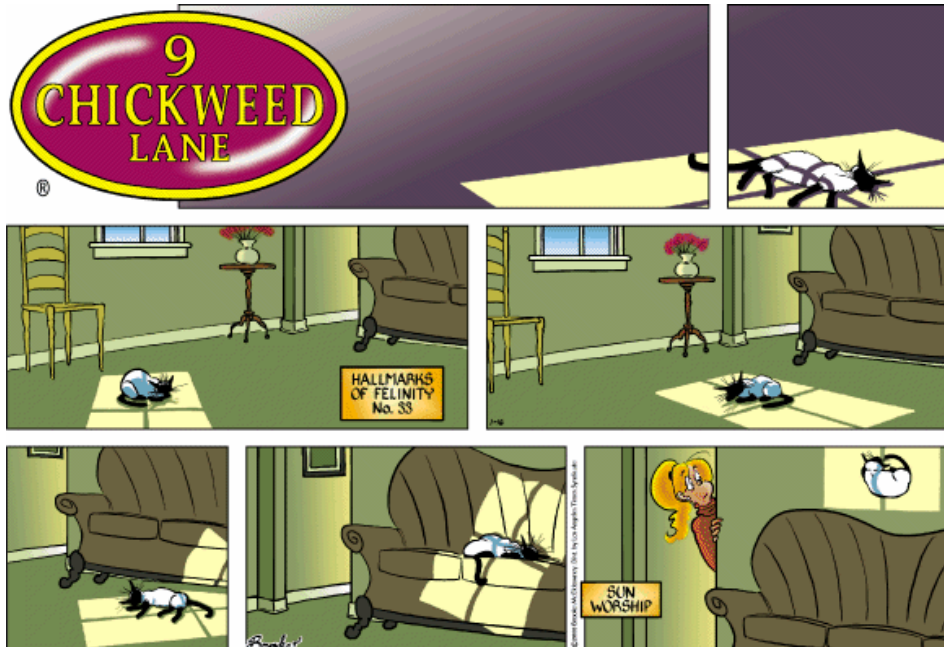


Figura X.22.-Cuadrante lunar horizontal con líneas horarias lunares y líneas de edad.

Décembre 2004

Synchronisation entre le Soleil et... le Chat



Information de N. Marquet

OMBRE sur cadran HELICOÏDE (G. Baillet)

L'objet de ce document est de visualiser par l'image, le phénomène de l'ombre sur un cadran hélicoïde par une approche informatique et graphique à l'aide du logiciel POV_RAY et de commenter ma réalisation concrète d'un tel cadran constitué d'une lame métallique.

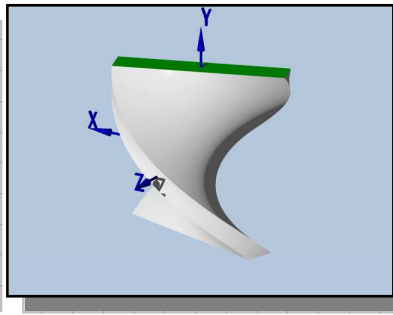
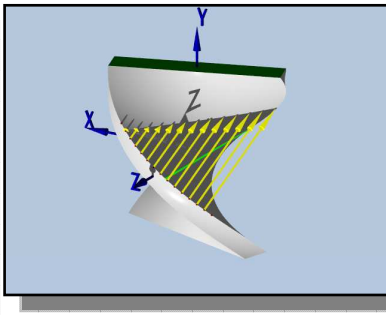
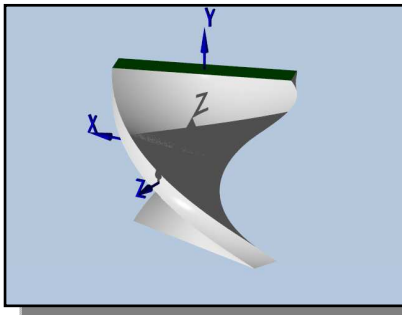
Cette recherche a été effectuée en liaison avec MM Dallet et Savoie.

LE CADRAN HELICOÏDE EPAIS

1) Voici un exemple de cadran épais il est accompagné du système de coordonnées. Le soleil est dans le plan y.z l'axe y étant dirigé vers le pôle céleste nord, dans le cas de la figure la déclinaison est négative est maximum (solstice d'hiver).

2) Même condition que (1), les flèches jaunes indiquent le trajet des rayons solaires depuis le bord jusqu'à la limite de l'ombre. Il s'agit d'un premier type d'ombre par le bord de l'hélice.

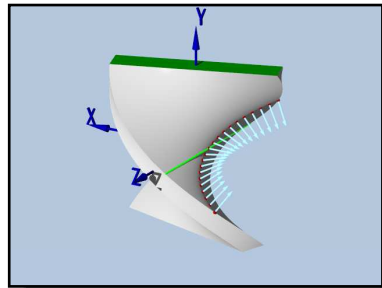
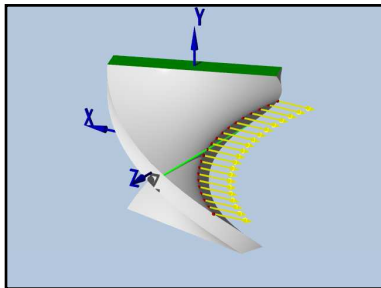
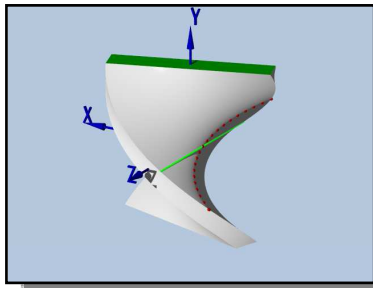
3) Sur cette image le soleil est toujours dans le plan y.z mais la déclinaison est positive et maximum (solstice d'été)



4) Sur cette image on a ajouté un cylindre vert qui matérialise la génératrice de la surface pour y=0, d'autre part les petites sphères rouges marquent les points calculés de la limite de l'ombre par la lumière rasante.

5) Ici les rayons du soleil tangents à la surface sont matérialisés par des flèches jaunes.

6) Ici la normale (calculée) à la surface est représentée par des flèches blanc/bleu. Il faut noter qu'à la limite de l'ombre la normale à la surface est perpendiculaire aux rayons lumineux.

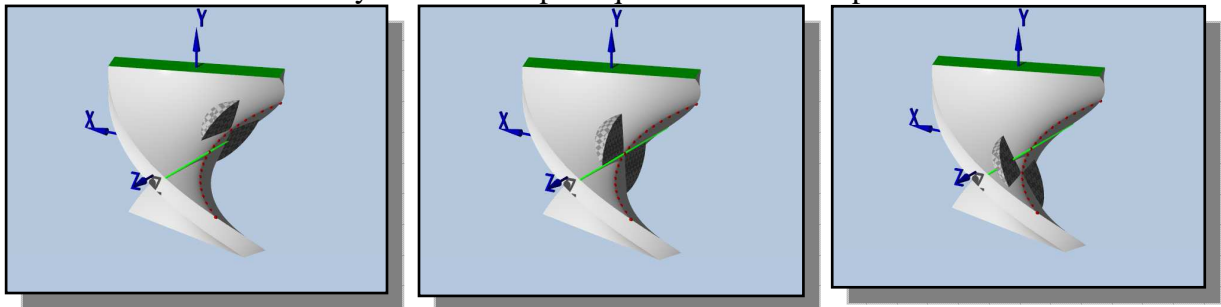


Sur les trois images ci-dessous nous avons représenté un cylindre avec les caractéristiques suivantes :

- Axe du cylindre = normale à la surface d'un point calculé.
- Centre du cercle à une extrémité du cylindre confondu avec le centre d'une sphère rouge (pt calculé).

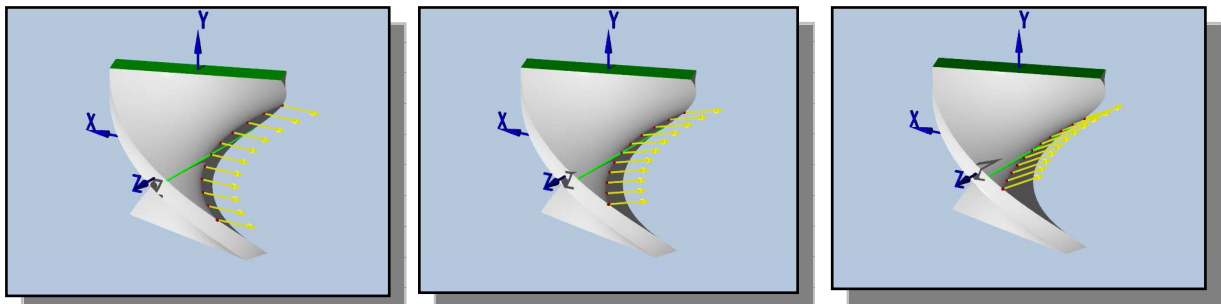
Le disque plan à l'extrémité du cylindre est donc tangent à la surface, et l'intersection du cylindre avec l'hélicoïde donne une idée de la courbure de la surface en « selle de cheval ».

Les parties apparentes du disque à l'extrémité du cylindre matérialise la zone angulaire où doivent se trouver les rayons du soleil pour qu'il soit rasant au point calculé.

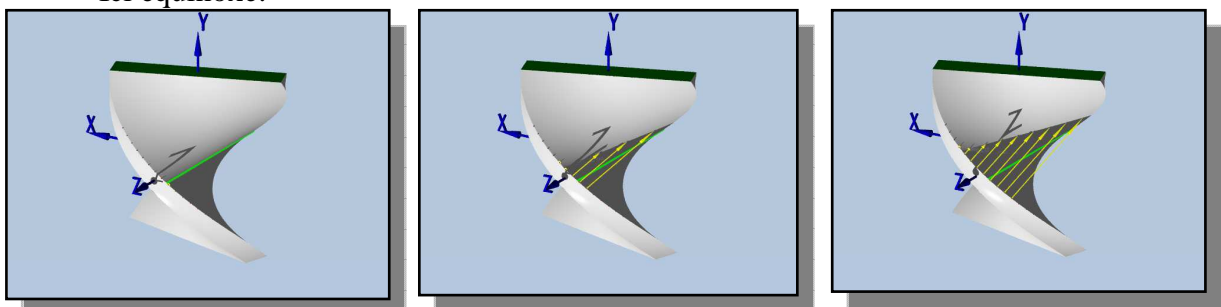


Dans la suite des sept images il y a une variation de la déclinaison du soleil de $(23^{\circ}26' / 3)$ entre chaque image. On peut voir que pour les déclinaisons positives du soleil la limite de l'ombre à un point fixe indépendante de la déclinaison au milieu de la génératrice.

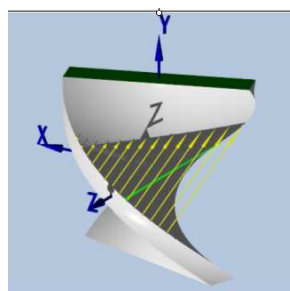
Ici solstice d'été:



Ici équinoxe:

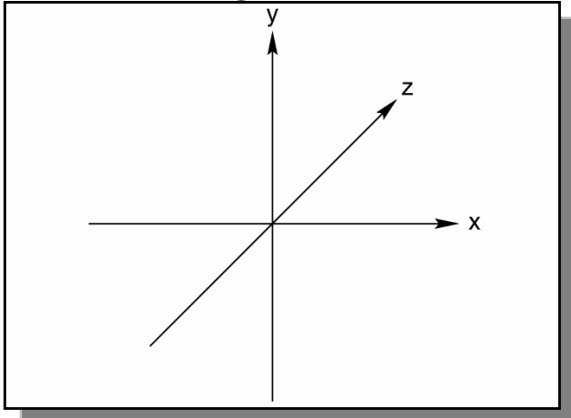


Ici solstice d'hiver:



LES CALCULS

Convention de signe de POV_RAY:



Disposition des axes



Détermination du sens de rotation positif, valable pour chaque axe.

Calcul de l'ombre en lumière rasante:

Le système paramétrique qui décrit l'hélicoïde est constitué des trois fonctions suivantes, sachant que : le signe * est le signe de la multiplication; les formules en caractère gras sont utilisées dans le logiciel.

Équation 1

fonction { $u \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice}) - d_ep \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice})$ }, // x-axis
fonction { v }, // y-axis
fonction { $u \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice}) + d_ep \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice})$ } // z-axis
 avec :

-ray < u < +ray (ray est la demi largeur de la face utile de l'hélicoïde mesuré dans le plan x.z)

-h_maxi < v < +h_maxi

* pas_helice: est le pas de l'hélice (avec son signe) si pas > 0 pas à gauche

* d_ep: est la demi épaisseur de l'hélicoïde mesurée dans le plan perpendiculaire à y.

Pour une variation du de u on a :

$$dx = du \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice})$$

$$dy = 0$$

$$dz = du \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice})$$

Pour une variation dv de v on a :

$$dx = (dv \cdot 2 \cdot \pi / \text{pas_helice}) \cdot [u \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice}) + d_ep \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice})]$$

$$dy = dv$$

$$dz = (dv \cdot 2 \cdot \pi / \text{pas_helice}) \cdot [-u \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice}) + d_ep \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot v / \text{pas_helice})]$$

Etude pour v = 0

Pour une variation du de u on a :

Le vecteur v1 a pour composante :

$$dx = 0$$

$$dy = 0$$

$$dz = du$$

Pour une variation dv de v on a :

Le vecteur v_2 a pour composante :

$$dx = (dv^2 \pi / pas_helice) * u$$

$$dy = dv$$

$$dz = (dv^2 \pi / pas_helice) * d_ep$$

Le vecteur normal N à la surface est le produit vectoriel $(v_1 \times v_2)$ Soit N :

$$N.x = (0 * (dv^2 \pi / pas_helice) * d_ep) - (du * dv)$$

$$N.y = -(0 * (dv^2 \pi / pas_helice) * d_ep) + (du * (dv^2 \pi / pas_helice) * u)$$

$$N.z = (0 * dv) - (0 * (dv^2 \pi / pas_helice) * u)$$

Ou

$$N.x = (-du * dv)$$

$$N.y = + (du * (dv^2 \pi / pas_helice) * u)$$

$$N.z = 0$$

Équation 2

Ou comme seule la direction de la normale nous intéresse on peut normaliser du et dv à 1

$$N.x = -1$$

$$N.y = (2 \pi / pas_helice) * u$$

$$N.z = 0$$

La direction de la normale est contenue dans un plan parallèle au plan $x.y$. Pour $u = 0$ la normale est perpendiculaire à l'axe y ($N.y = 0$)

Soit A l'angle de la normale dans le plan x / y compté à partir de x

$$A = \text{atan}((du * (dv^2 \pi / pas_helice) * u) / (-du * dv))$$

$$A = \text{atan}((-2 \pi / pas_helice) * u)$$

On suppose que le soleil est toujours à midi et qu'il a une déclinaison : D . La limite de l'ombre rasante est obtenu lorsque le soleil est dans un plan tangent à la surface soit : à 90° de la direction de la normale à la surface.

Vecteur S direction du soleil

$$S.x = 0$$

$$S.y = \tan(D)$$

$$S.z = 1$$

Calcul du vecteur direction de T qui est le vecteur normal (N) tourné autour de Y d'un angle t

$$T.x = -\cos(t)$$

$$T.y = (2 \pi / pas_helice) * u$$

$$N.z = -\sin(t)$$

Lorsque le soleil est à 90° de la normale (condition pour lumière rasante) le produit scalaire $V.T = 0$

Calcul du produit scalaire P

$$P = (0 * -\cos(t)) + (\tan(D) * (2 \pi / pas_helice) * u) + (1 * -\sin(t))$$

$$P = (\tan(D) * u * 2 \pi / pas_helice) - \sin(t)$$

Il faut déterminer t pour que $P = 0$ avec u connu ($-ray < u < +ray$)

Équation 3

$$t = \text{asin}(\tan(D) * u * 2\pi / \text{pas_helice})$$

(Dans POV-RAY il faut multiplier t par - 1 pour respecter les conventions de signe de rotation)

On remarque immédiatement que pour $u = 0$ on a $t = 0$ de manière indépendante de la déclinaison du soleil D.

D'autre part u ne peut pas être (en valeur absolue) aussi grand que l'on veut, il faut que $(\tan(D) * u * 2\pi / \text{pas_helice})$ soit inférieur à 1 (en valeur absolue)

Procédé de calcul adapté aux ordinateurs.

Convention des axes et signe des rotations de POV-RAY. Angle en radian

Valeurs connues :

- ray
- d_ep
- pas_helice
- déclinaison
- On fait varier u entre - ray et +ray avec le pas voulu.
- L'heure solaire il est 12 heure le soleil est dans le plan y.z

Pour chaque u, À partir de Équation 3 on calcule t

$$t = -\text{asin}(\tan(D) * u * 2\pi / \text{pas_helice})$$

$$v = \text{pas_helice} * t / (2\pi)$$

u et v étant connus à partir de l'équation 1

$$x = u * \sin(2\pi * v / \text{pas_helice}) - d_ep * \cos(2\pi * v / \text{pas_helice})$$

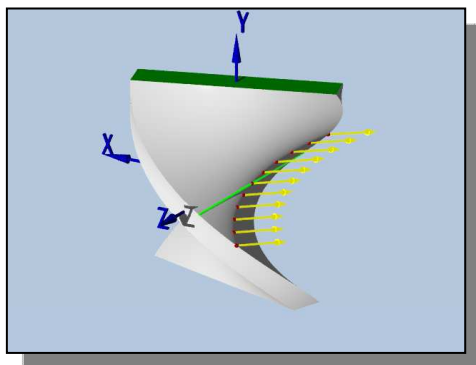
$$y = v$$

$$z = u * \cos(2\pi * v / \text{pas_helice}) + d_ep * \sin(2\pi * v / \text{pas_helice})$$

On obtient les coordonnées de la limite de l'ombre en lumière rasante

Ce procédé de calcul est utilisé pour marquer par des petites sphères rouges la limite de l'ombre dans le document cadran_h.doc

Pour les autres heures il suffit de faire une « symétrie par vissage » c'est à dire une rotation de $(2 * \pi / 24)$ par heure et une translation de $(\text{pas_helice} / 24)$ par heure.



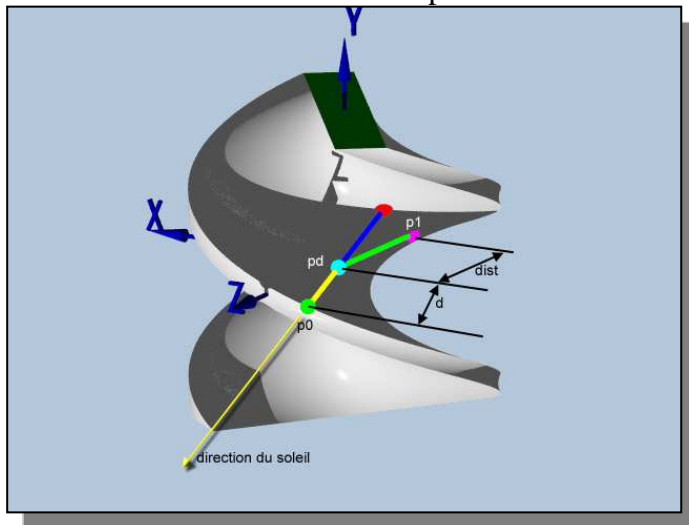
Voici une image obtenue par ce procédé, les flèches jaunes matérialisent le trajet des rayons lumineux tangents à la surface.

Calcul de l'ombre par le bord:

Le principe retenu pour le calcul de l'ombre par le bord est le suivant (voir image plus bas) :

- Il est midi les rayons de lumière sont dans des plans parallèles au plan y.z .
- On choisit un point p0 sur le bord de l'hélice.
- p0 détermine la valeur x du plan plt parallèle à z.y .

- On définit une droite dr orientée comme le rayon lumineux et qui passe par p_0 , elle est contenue dans plt .
- A partir de p_0 et sur dr on calcule la position d'un point pd à une distance d de p_0 .
- On calcule le point p_1 sur la surface de l'hélicoïde qui a comme caractéristique d'être dans le plan plt et d'avoir la même valeur y que pd .
- On calcul la distance $dist$ entre pd et p_1 (la droite $pd-p_1$ est parallèle à l'axe z).
- On fait varier d pour que $dist = 0$ (ou soit inférieur à une valeur petite et défini à l'avance).
- Quand $dist = 0$ alors pd et p_1 sont identique et il sont sur l'hélicoïde à la limite de l'ombre par le bord.



Sur cette image :

Nous avons porté les indications définies plus haut

La sphère rouge représente le point recherché lorsque $dist = 0$

Calcul fait à l'ordinateur

On définit une erreur maximum pour la détermination du point : er_max

Étiquette 0

On choisit une valeur de v et pour u on prend la valeur maximum (ray)

On porte u et v dans l'équation 1 de l'hélicoïde.

Ce qui donne les 3 coordonnées du point p_0 sur le bord à savoir $p_0.x$, $p_0.y$, $p_0.z$

On définit une valeur de d

Étiquette 1

On calcul les trois coordonnées du point pd

$$pd.x = p_0.x$$

$$pd.y = p_0.y - d * \sin(\text{déclinaison})$$

$$pd.z = p_0.z + d * \cos(\text{déclinaison})$$

Soit ag l'angle de la génératrice de l'hélicoïde

$$ag = 2 * \pi * pd.y / \text{pas_hélice}$$

À partir de la fonction qui donne x dans l'équation 1 on calcule u

$$u = (p_0.x + (d_ep * \cos(ag))) / (\sin(ag))$$

et

$$v = pd.y$$

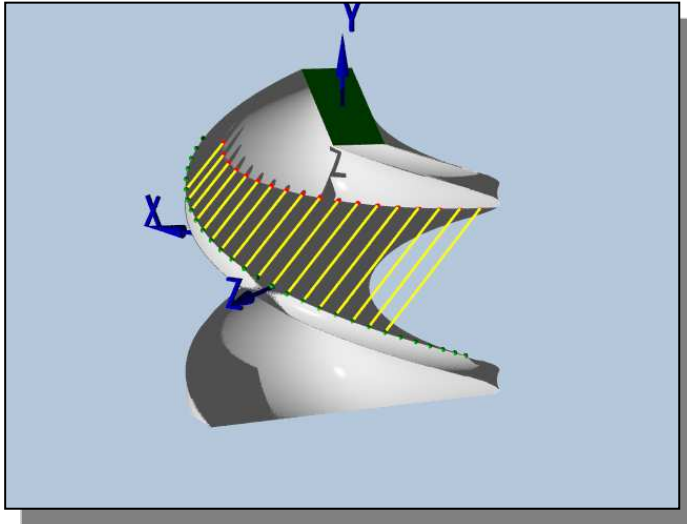
On porte u et v dans l'équation 1; on obtient les coordonnées du point p_1

On calcul la distance entre pd et p_1

$$\text{dist} = \text{pd.z} - \text{p1} ; z$$

Si $(\text{abs}(\text{dist}) > \text{er_max})$ on modifie la valeur de d et on revient à Étiquette 1
Quand $(\text{abs}(\text{dist}) < \text{er_max})$ $p1$ est le point limite de l'ombre qui correspond au point po du bord de l'hélicoïde.

Pour calculer un autre point on revient à Étiquette 0



Voici le résultat obtenu à partir du procédé défini ci-dessus.

PRINCIPE DU TRACE DE L'HELICOÏDE

Voilà comment je procède pour réaliser et tracer l'hélicoïde

Torsion de la barre

J'utilise un plat en alliage léger de 2mm x 40mm trouvé en grande surface. Il n'est, hélas, pas possible de connaître la composition de l'alliage ni son mode de fabrication (extrudé, étiré ???). Pour le plaisir essayez de poser la question à un vendeur...

Je fixe une extrémité de la barre à un mur et l'autre est tordue de trois quarts de tour minimum, vérifier en relâchant la contrainte que le plat est tordu de plus d'un demi tour, suivant les matériaux la limite élastique n'est pas la même alors il faut tester.

Graduation

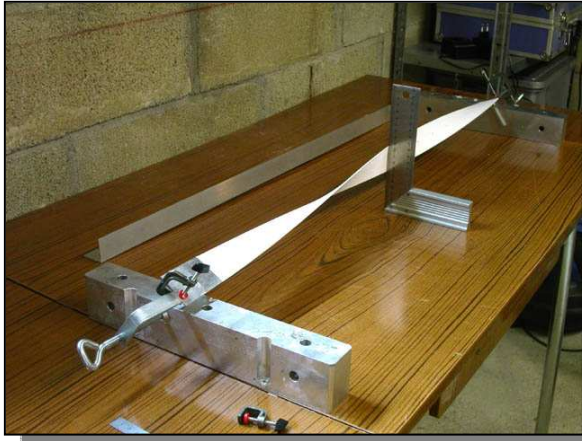
J'ai observé que suivant le type de métal utilisé le pas de l'hélice n'est pas régulier, aussi pour éviter ce défaut j'ai mis au point le procédé de graduation.

Il est commode de commencer par peindre, en blanc mat, une couche, la barre pour effectuer les tracés au crayon sans difficultés.

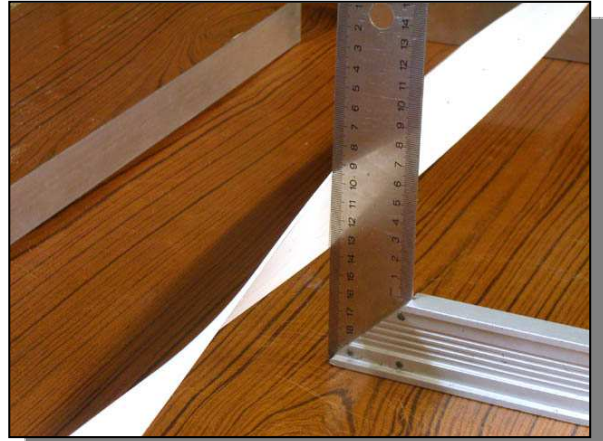
Positionnement de la barre

Marquer le milieu de la barre.

Fixer la barre, sans contrainte, de manière à avoir la génératrice qui passe par le milieu vertical. Voir les photos ci-dessous.



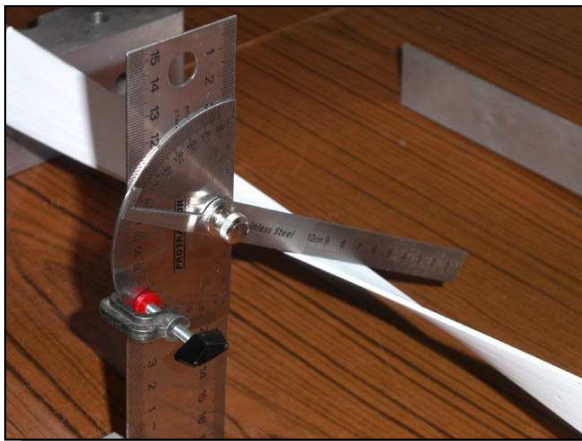
▲ Pour vérifier l'absence de contrainte, on desserre la fixation à une extrémité et on s'assure que l'extrémité devenue libre ne bouge pas, ou alors d'une quantité faible.



▲ Le côté de l'équerre est tangent à la génératrice au milieu de la barre.

Marquer la position des heures

Pour cela j'utilise un rapporteur avec une règle mobile, fixé à l'équerre comme la figure ci-dessous.



▲ On ajuste la règle mobile du rapporteur à raison de 15° par heure et l'on cherche la position où la règle est tangente à la génératrice. On marque le point correspondant au crayon, de chaque côté de la règle mobile du rapporteur.



▲ Une fois que toutes les heures sont marquées on pérennise les positions en perçant pour chaque heure un petit trou de l'ordre de 1mm au milieu de la barre et entre chaque marque horaire au crayon. De cette manière on peut ajouter une couche de peinture sans perdre les repères des heures.

Montage de la barre hélicoïde

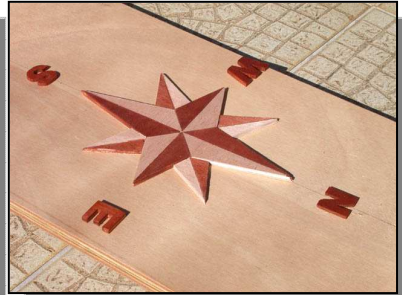
On assemble la barre hélicoïde sur les supports de manière à ce que la génératrice des 12 heures soit dans un plan verticale, l'aide d'une ficelle mince, d'un fil à plomb et de patience sont naturellement très utiles.



▲ Les fixations des extrémités sur les colonnes sont effectuées par une double équerre afin de passer de la l'axe de la colonne au plan de l'extrémité de la barre. Il faut noter que dans ce cas le plan vertical qui contient l'axe de la barre ne passe pas par l'axe des colonnes de fixation.



▲ Voici l'ensemble monté.



▲ Une rose des vents placée dans le plan verticale de l'axe de l'hélicoïde est utile pour les réglages, sinon pour l'esthétique... .

Vue de l'ombre



Vue de l'ombre par le bord.



Vue de l'ombre en lumière rasante.



Cadran posé sur l'eau, dans l'Oasis de Ninfa, au Sud de Rome.



CADRAN sur HELICOÏDE (P.J. Dallet)

J'ai découvert l'existence de ce type de cadran début avril 2005. Durant plus d'un mois j'ai tenté de le comprendre sans réellement y parvenir.



▲ Cadran héliçoïde de Lyon (Photo Gagnaire)
Il existe un cadran de ce type, à Lyon, dans le parc J. Jugan, mais son orientation qui est presque Est-Ouest, le rend impropre à toute étude.

J'ai donc soulevé le problème et collectivement nous sommes parvenus à comprendre et expliquer ce cadran. Ce document est donc le résultat d'un travail collectif. Ont participé les auteurs suivants, dans l'ordre alphabétique : BAILLET Gérard, DALLET Pierre Joseph, GAGNAIRE Paul, ROBIC Joël, SAVOIE Denis.

Il s'agit d'une étude du cadran inventé vers 1992, par l'artiste danois Piet Hein, titulaire du Brevet :US 05181324 du 26 janvier 1993

Ce cadran ne permet pas une lecture de l'heure par l'image du centre du Soleil, seul moyen d'obtenir rigoureusement un angle horaire en gnomonique. C'est un cadran curieux, dont le principe n'est pas erroné, mais dont les performances sont plus que modestes.

Définitions géométriques

1°) **Hélice** : ligne courbe gauche dont la tangente en chaque point fait un angle constant avec une direction fixe.

2°) **Hélice circulaire** : hélice dont tous les points appartiennent à un cylindre de révolution. On peut imaginer une pseudo-spirale qui se déploierait dans un espace tridimensionnel en conservant un rayon constant, comme une vis à métaux.

3°) **Héliçoïde** : surface réglée engendrée par un rayon mobile du cylindre joignant l'axe du cylindre à tous les points d'une hélice circulaire appartenant au cylindre. Ce rayon mobile restant toujours parallèle au plan de coupe droite du cylindre

L'héliçoïde du cadran étudié ici est double : il est la surface engendrée par le mouvement d'un diamètre du cylindre. On peut se donner une bonne image mentale de l'hélice de ce cadran, difficile à concevoir, même à partir de photos, en pensant au caducée de Mercure où s'enroulent deux serpents ; ici on imaginera un cylindre d'axe polaire sur lequel (ou dans lequel) adhère et se vrille un seul ruban, exactement deux fois (360°). C'est un héliçoïde.

Construction du cadran

- Matériaux de fabrication :

° Un ruban à pailler les fauteuils. Ce ruban est de la toile tissée, épaisse, à tissage très serré. Il est un peu élastique, larges de 80mm. Ce ruban est tissé de telle manière que ses bords soient un peu plus longs que son axe. Cette particularité permet d'obtenir un héliçoïde

correct plus facilement. La bande a été montée détrempeée et tendue. Des barrettes en métal inoxydable maintiennent les diamètres du cylindre parfaitement rectilignes. Une barrette est placée chaque demi-heure. Ces barrettes sont fabriquées à partir de fines lames métalliques extraites de caoutchouc d'essuie-glace d'auto.

° Bois : deux plaques de contreplaqué enserrant les deux rubans l'un contre l'autre.



Figure 1 : cadran expérimental du 14/07/05 (Photo Dallet)

- Dimensions :

Plaques de bois porte-hélicoïde de 1600 mm de long, 250 mm de large, épaisseur deux fois 13 mm assemblées par des boulons.

Longueur de l'hélice 1400 mm, largeur du ruban : 80 mm, vrillée de 360°.

Le pas de l'hélice (sens de la vrille) est ici positif, nous dirons dextrogyre, dans le cas contraire il serait négatif, nous dirions « senestrogyre ». Pied : Deux fois 1400 mm x 13 mm assemblées par des boulons.

- Type :

Hélicoïde polaire sans style. Cadran sans style, lecture par la limite ombre / lumière due à la courbure du cadran sur une face, et l'ombre du bord de l'hélicoïde sur l'autre.

L'hélicoïde est matérialisé ici par un ruban tendu, ayant son axe en position « axe du monde ». Il est tordu de telle manière que ses bords décrivent deux hélices

dans un cylindre imaginaire.

Les extrémités sont diamétralement opposées et équidistantes.. Le pas de l'hélice est positif (dextrogyre) et de 1400 mm. Le diamètre du cylindre porteur imaginaire est de 80 mm.

- Position :

Axe du cylindre porteur de l'hélice, donc axe de l'hélicoïde : polaire.

- Style (dispositif procurant les renseignements) :

- Aucun style. La limite zone ombragée/zone ensoleillée se déplace en fonction du mouvement apparent du Soleil.
- Bord de la bande.

Renseignements procurés par le cadran :

Heure vraie. Attention ! Sur la face à utiliser pour la lecture par la limite ombre / lumière due à la courbure :

Les heures (angles horaires) du matin (ex. 6 heures) ne sont pas à lire à l'emplacement des heures de même numéro du soir. Les faces de l'hélicoïde sont inversées.

A l'aide d'un montage plus complexe il est possible d'obtenir les heures moyennes. Elles s'obtiendraient par rotation appropriée de l'hélice autour de son axe polaire, comme on ferait avec un cadran équatorial plan.

- Inscriptions :

Points horaires disposés régulièrement le long l'axe de la bande, chiffres des heures. Mêmes emplacements des deux côtés de la bande. Distance entre les heures 1400 mm / 24h = 58.3 mm. 12 h au milieu du ruban.

Point d'heure de 4 heures à 20 heures pour la face printemps/été, 6 à 18h pour la face automne /hiver. Aucun point intermédiaire.

Repère des faces à utiliser : $\delta > 0$ (déclinaisons positives) et $\delta < 0$ (déclinaison négatives) pour déterminer la face à utiliser pour la lecture par la limite ombre / lumière due à la courbure.

Si les dimensions de l'instrument s'y prêtaient, des pastilles pour les demi-heures et les quarts d'heure seraient possibles.

- Calculs :

Sur la face à utiliser pour la lecture par la limite ombre / lumière due à la courbure :
La distance entre les points horaires : Longueur du pas / 24 = 1400/24 = 58.33 mm
Midi : Longueur du pas / 2 = 1400/2 = 700 mm

- Particularités :

* Lecture de l'heure :

1. Aux équinoxes :

Les rayons du Soleil sont parallèles aux deux surfaces où un diamètre de l'hélicoïde est dans la direction du Soleil. Ce diamètre est aussi un diamètre du cylindre à l'intérieur duquel sont inscrites les deux hélices. La lecture se fait dans l'ombre, très près de la zone ensoleillée.

2. En période de déclinaison positive (printemps + été en France), voici comment choisir la face à utiliser.

- Si un rayon du Soleil franchit l'axe d'un bord à l'autre de l'hélicoïde au-dessus d'une concavité cette face de l'hélicoïde, nous préconisons de ne pas l'utiliser pour lire l'heure. Nous pouvons utiliser une simple règle pour la reconnaître.
- Si notre droite, un rayon du Soleil, est tangente à la convexité de l'hélicoïde l'heure est à lire sur l'axe, là où l'ombre débute à 50%. Nous préconisons de l'utiliser pour lire l'heure. Cette face du volume est utilisable. Les heures sont indiquées par des points. Ces points sont traversés par la limite zone ombrée / zone ensoleillée qui est une courbe dont les formes et les positions varient avec les déclinaisons.

3. En période de déclinaison négative (automne + hiver en France)

La même méthode est utilisable, la lecture s'effectue sur l'autre face.

Il est important de remarquer que nous préconisons de n'utiliser qu'une des deux faces.

- Sur la face utilisable en période de déclinaison négative nous inscrirons en clair « Automne et hiver »
- Sur la face utilisable en période de déclinaison positive nous inscrirons en clair « Printemps et été »

* Sur les faces pour la lecture par ombre du bord de l'hélicoïde :

La limite de l'ombre n'est rien d'autre que l'ombre du bord de l'hélicoïde. A une heure donnée (angle horaire), sur l'axe de l'hélicoïde la position des points horaires varie avec la déclinaison du Soleil. C'est la raison pour laquelle nous préconisons de ne pas l'utiliser. Les coordonnées des points horaires sont calculables mais les calculs sont très ardu.

* Sur la face à utiliser pour la lecture par la limite ombre / lumière due à la courbure :

Face que nous préconisons d'utiliser. Les points horaires sont à lire sont dans tous les cas en lumière rasante. Nous savons que dans ces cas ce point semble être dans l'ombre. Pour remédier à ce problème il se confirme bien qu'il est nécessaire de monter deux hélicoïdes bout à bout et de pas inverses. Les progressions des ombres se feraient en sens inverses. Nous lirions deux fois l'heure puis nous calculerions la moyenne.

Il est aussi possible d'envisager de réaliser les points horaires avec des pastilles d'une légère épaisseur pour mieux accrocher la lumière rasante.

Mise en station du cadran.

- Déclinaison gnomonique.

Le corps du cadran est positionné dans un plan NORD-SUD. Pour cela nous calculons l'heure à laquelle le Soleil passe au SUD : $TP = 12 + \text{équation du temps} + \text{longitude}$. Un fil à plomb nous permet de contrôler que la monture du cadran est bien verticale.

- Inclinaison.



Nous utiliserons un niveau à vernier dit « inclinomètre ». Cet instrument permet de régler l'inclinaison du cadran à quelques minutes de degrés près. Ici il s'agit d'un niveau de l'armée de Napoléon à régler les tirs des canons, modifié par un armurier pour servir en gnomonique. L'axe de l'hélicoïde forme avec un plan horizontal un angle égal à la latitude d'utilisation du cadran.

◀ Figure 2 : inclinaison (Photo DALLET)

- Essai de lecture de l'heure.



▲ Figure 3 : Instant d'observation (Photo Dallet)

Heure du temps de passage le jour de l'observation, en temps légal français : 13h49 mn (05 juin 2005 à Ussel).

Nous utilisons une horloge radio contrôlée pour disposer de l'heure légale à la seconde près (Coût 10€).

Nous observons l'heure obtenue sur la face « Déclinaison positives », ensuite nous regardons sur la face rejetée.

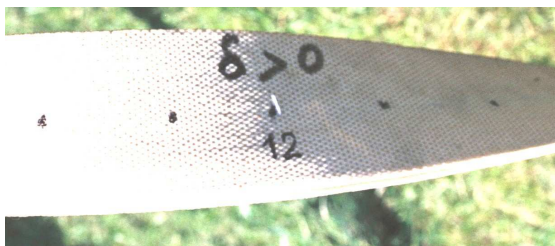


Figure 4 : Déclinaison positive (face été): 12 h 05 mn en été, face été. (photo Dallet)

▲ Sur cette face l'heure se lit à la limite zone ombragée / zone ensoleillée. 13 h est le point à gauche de 12.

Bien qu'imprécis le résultat est exact.

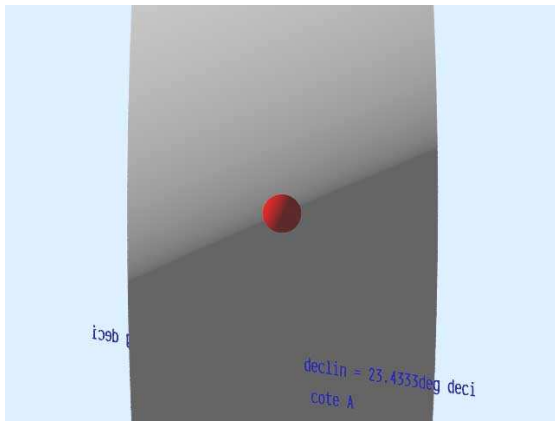


Figure 5 : Face rejetée (face hiver): 12 h 05 mn en été, (photo Dallet)

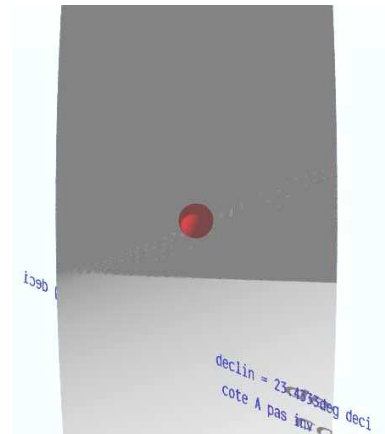
▲ Sur cette face l'heure se lit par l'ombre du bord de l'hélicoïde sur l'hélicoïde lui-même grâce à sa courbure. 13 h est le point à gauche de 12.

Bien qu'imprécis le résultat est faux.

Par images de synthèse la différence est plus évidente :

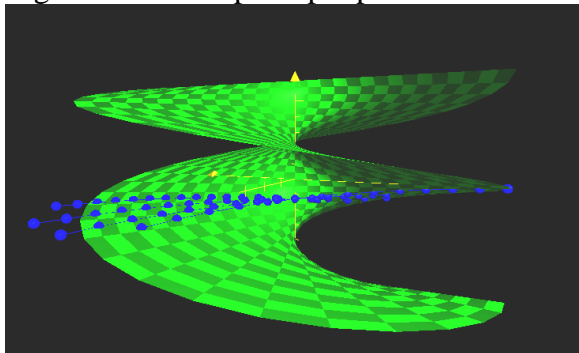


▲ Figure 6 : heure ronde en été, face été.
(Image Baillet)



▲ Figure 7 : heure ronde en été, face hiver.
(Image Baillet)

Lignes calculées point par point.



▲ Figure 8 : Lignes calculées (Image D. Savoie)

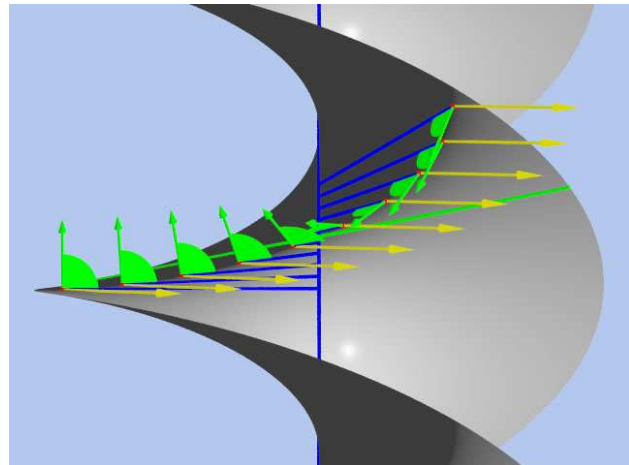


Figure 9 (Image G.Baillet) ▶

Limite zone ombrée / ombragée.
Les flèches jaunes donnent la direction du soleil.
Les flèches vertes la normale à la surface.
Les petits secteurs circulaires marquent les angles droits.

Bibliographie :

Allan Mills : Helical sundials in British Sundial Society: Bulletin N° 92 / 2
John Moir : From stretch dial to the double helix, in British Sundial Society: Bulletin N° 95/1
Denis Savoie : SAF, Cadran Info n° 12 octobre 2005

CADRAN CYLINDRIQUE POLAIRE SANS STYLE (P.J. Dallet)

Les familles de cadrans viennent de s'enrichir de la description d'une nouvelle famille de cadran : **Les cadrans sans style, à lecture par la limite ombre / lumière due à la courbure du cadran.**

Je nomme, dans le cadre des normes Solarium par le **mot famille** de cadran, des groupes de cadrans tels que : Cadrans à style ponctuel, à style droit, bifilaires, analemématiques, de hauteurs, etc. Les mêmes familles se retrouvent dans toutes les formes géométriques spatiales des cadrans.

Ce groupe de cadrans existait, mais n'était pas clairement décrit. Le cadran cylindrique polaire sans style, le cadran hélicoïde (1^{ère} solution) sont de ce groupe. Il est parfaitement possible de concevoir un cadran nouveau de cette famille : Un cadran sphérique à points horaires sur l'équateur, axe polaire. Les calculs dans le cas le plus simple sont ceux des levers et couchers du Soleil à l'équateur à l'équateur.

J'ai donc conçu et réalisé un cadran de cette famille, le cas le plus simple :



Voici sa fiche expédiée pour l'inventaire national des cadrans solaires :

Cadran n° 68 : Cadran cylindrique polaire sans style.

Latitude : 45° 32' .N. Longitude 2°19' E.
Département Corrèze.
Dans le Jardin botanique.

Emplacement : Jardin botanique privé.

Matériaux de fabrication : Granit. Une carotte, déchet de marbrerie.

Dimensions : Diamètre 130 mm. Grandes génératrices 240mm. Grand axe de l'ellipse horizontale 182mm.

Date de réalisation : 28 mai 2005.

Type : Cadran sans style, lecture par la limite ombre / lumière due à la courbure du cadran. Les canaux creusés pour les lignes horaires ont pour largeur 2 mm°.

Position : Polaire.

Style (dispositif procurant les renseignements) : Aucun style. La limite zone ombragée zone ensoleillée se produit le long de deux génératrices. Les génératrices EST et OUEST sont chiffrées « 12 », les génératrices SUD et NORD « 6 ».....

Renseignements procurés par le cadran : L'heure vraie. Les lignes d'heure vraie ont des longueurs variables :

Pour le 6 et 12heures :54 mm.

Pour les 3 et 9 heures 38 mm.

Pour les autres heures : 26 mm.

Ceci permet de lire très facilement sans vraiment avoir à lire les chiffres.

Inscriptions : Chiffres des heures : deux fois de 1 à 12. Devise : EO SUAVIOR QUO SIMPLICIOR.

Cela veut dire: « D'autant plus agréable qu'il est simple » ou « Je suis d'autant plus agréable que je suis simple »

Les chiffres des heures sont des chiffres arabes. Les « 6 » et les « 12 » sont plus grands (16mm) que les autres (12mm)

Date (2005) et signature, DA.P.J. entrelacés sur la coupe droite, sur le haut du cylindre. Sous le cadran, sur la coupe oblique, son numéro : 68

Particularités : Cadran solaire record de simplicité.

Cadran sans style, zone ombrée délimitée par deux emplacements (génératrices) variables du corps du cadran. Avec ce type de cadran il est difficilement possible d'espérer une précision supérieure à 2 minutes. En effet lorsque les rayons sont rasants les surfaces ne sont pas ensoleillées. Du côté où la lumière s'efface, les génératrices cessent d'être ensoleillées avec 20 minutes d'avance environ. Inversement de l'autre côté les génératrices commencent d'être ensoleillée avec environ 20 minutes de retard. La lecture de l'heure doit être faite de deux côtés, et l'heure est obtenue en faisant la moyenne.

Mode de tracé : Le tracé de la coupe du pied, pour que le cadran puisse reposer sur un plan horizontal a été calculée à l'aide de SOLARIUM. Pour les lignes d'heures il suffit de graver un segment de génératrice tous le 15°.

Algorithmique : Néant.

mardi 14 juin 2005

COMPRENDRE et RÉALISER des CADRANS par la GÉOMÉTRIE (P.J. Dallet)

En complément de la réalisation de cadrans solaires par un traitement mathématique complet, SOLARIUM propose un traitement par la géométrie. Ces tracés ont le grand avantage de permettre de bien comprendre comment les styles polaire et droit sont à placer dans l'espace.

Ces deux approches sont bien sûr dans la continuité d'une compréhension astronomique préalable, indispensable.

D'autre part il est nécessaire de bien savoir comment sont mesurés les paramètres des cadrans solaires selon les normes françaises.

- Normes:

La déclinaison gnomonique d'un plan (D) :

C'est l'azimut de la perpendiculaire à ce plan.

Exemple : La déclinaison d'un cadran orienté SUD-OUEST est de 45° . Pour un cadran orienté SUD, la déclinaison est de 0° . La déclinaison se compte de 0 à 360° ou en deux fois, pour l'OUEST de 0 à 180° et pour l'EST de 0 à -180°

L'inclinaison gnomonique d'un plan (Z) :

Distance zénithale de la normale à ce plan.

Exemple : l'inclinaison d'un cadran plan vertical est de 90° . Pour un cadran plan horizontal l'inclinaison est de 0° . Elle se compte de 0 à 180° . Elle est toujours positive.

Soit un cadran plan à style ponctuel.

Lieu : Paris.

Déclinaison environ SUD-OUEST : 34°

Inclinaison presque vertical : 75°

Points important : l'épure est à dessiner sur du papier calque fort. Pour la sortie par imprimante il faut aussi utiliser du papier calque.

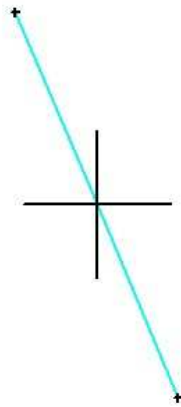
Les couleurs indiquées dans le texte du présent document sont celles obtenues à l'écran sur fond gris. Sur fond blanc les lignes en blanc sont invisibles, le jaune se voit difficilement le jaune, pour ces raisons les couleurs sont différentes si l'on opte pour un fond blanc au lieu de fond gris.

- Emplacement du pied du style droit.

Soit G le point origine, pied du style droit. G est l'abréviation de « gnomon » nous dirons « style droit ». Dans l'expression « style droit », le mot « droit » est pris dans le sens « debout ». Le style droit est une ligne droite perpendiculaire au plan du cadran. Son sommet le point S est un point du style polaire du cadran. Un style polaire est une ligne droite parallèle à l'axe de la Terre. Il est contenu dans un plan NORD/SUD et forme avec un plan horizontal un angle égal à la latitude du lieu de construction du cadran. Effectuons le tracé 470.

La longueur des branches de la croix blanche est égale à celle que nous avons choisie pour le style droit.

En cyan (bleu ciel) nous avons le tracé de la ligne sous-stylaire.

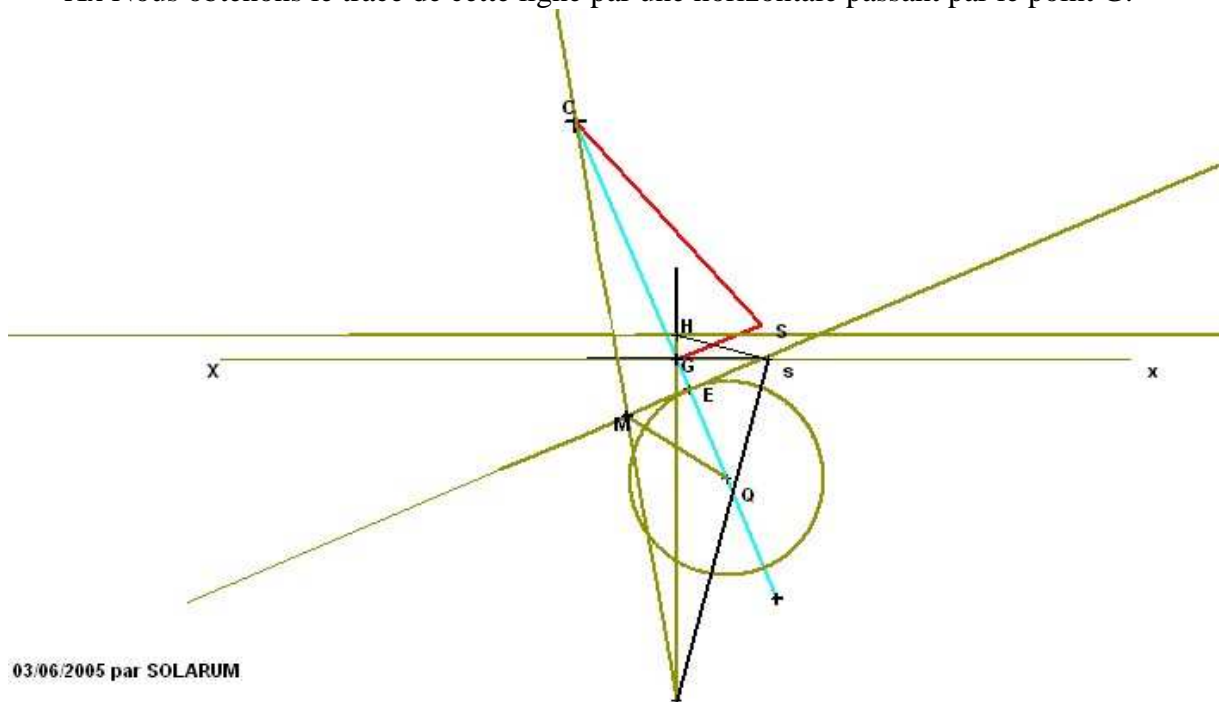


03/06/2005 par SOLARUM

Figure 1

Xx : Tracer la ligne horizontale Xx passant par le point G, (tracé 480)

Xx Nous obtenons le tracé de cette ligne par une horizontale passant par le point G.



03/06/2005 par SOLARUM

Figure 2

- GY : L'axe de Y vertical dit PGPD abréviation de « Plus-Grande-Pente-Descendante ».
- Tracer la ligne horizon du cadran. (effectuer le tracé 495 pour la voir en bleu et blanc alternés). Elle passe par le point H, elle est parallèle à Xx.

Voici comment nous pouvons la construire :

1. Placer le point « s » : Rabattre le style droit sur la ligne Xx son sommet est noté « s »

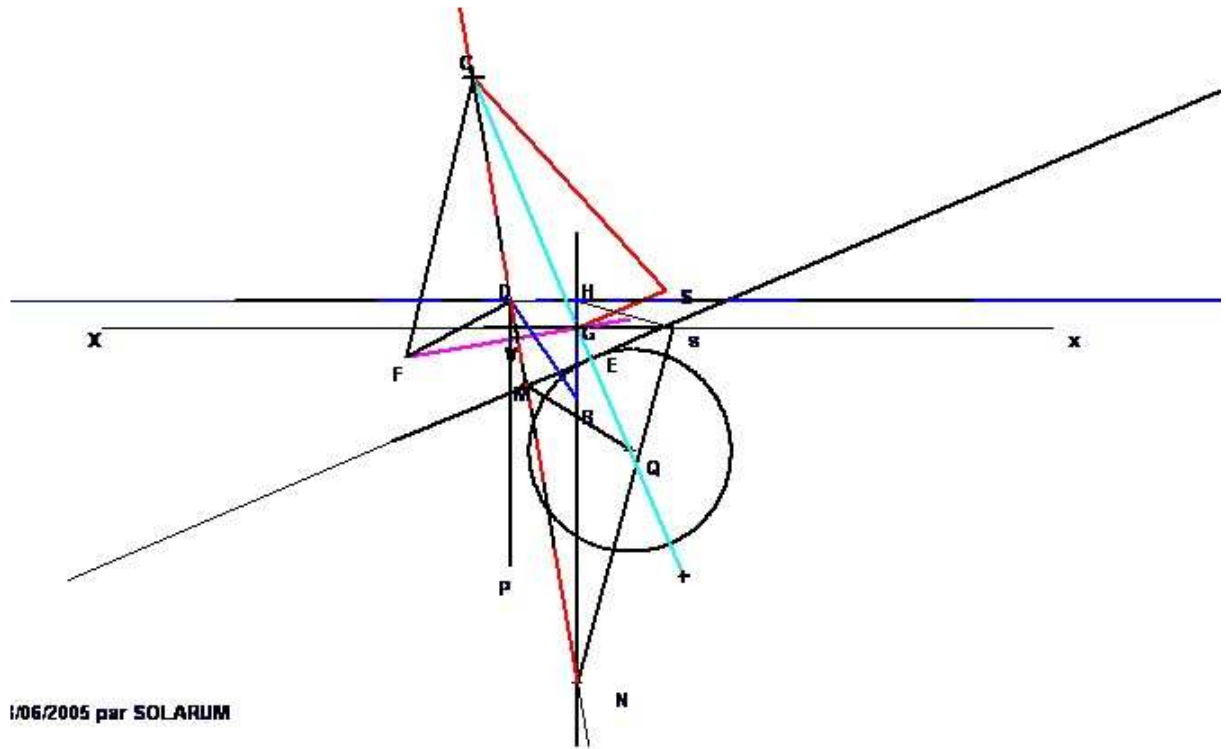


Figure 4

- Placer le point F : Point sommet de l'angle DFC égal à la latitude du cadran.
 1. Abaissons par le point G une perpendiculaire sur la méridienne que nous prolongeons. Cette droite coupe la méridienne au point V. Nommons-la VF..
 2. Au compas à pointe sèche, par un arc de cercle de centre D et de rayon DB nous coupons la droite VF en F. (Il y a deux solutions : une à chaque extrémité de la ligne magenta)
 3. Angle DFC égal à latitude : Traçons l'angle DFC, la droite FC coupe la méridienne en C, centre du cadran.
 4. Pour comprendre : Le plan VFC est à voir dans l'espace comme un volet articulé par la charnière CV. Le point F peut être en contact avec le point S sommet du style droit GS lorsque ce dernier est perpendiculaire au cadran.

- Tracer la ligne droite CS : Style polaire obtenu par l'intersection de deux arcs de cercles tracés à la pointe sèche :
 5. CS de centre C et de rayon FC.
 6. GS de centre G et de rayon GS le style droit pris pour unité.
- Tracer la ligne droite CG La ligne sous-stylaire prolongée le plus possible. (effectuer le tracé 485 pour la voir)
- SE : Tracé à la pointe sèche, à partir du point S. Nous traçons l'angle droit CSE. Le segment SE est le rayon d'un cadran équatorial. Le point E est sur la ligne sous-stylaire.

- Plaçons l'épure, dessinée sur papier calque, sur le trigone. Les points C doivent coïncider exactement et être reliés. Dans l'exemple ci-dessous nous avons positionné le trigone pour tracer les intersections des arcs de signes et de la ligne 18 heures. Nous devons pour cela obtenir, en faisant tourner le trigone, que la ligne équatoriale du trigone (rouge) passe par le point d'intersection de la ligne 18 heures et l'équatoriale du cadran. Cette méthode est facile à utiliser pour des épures de la taille d'une feuille de journal.

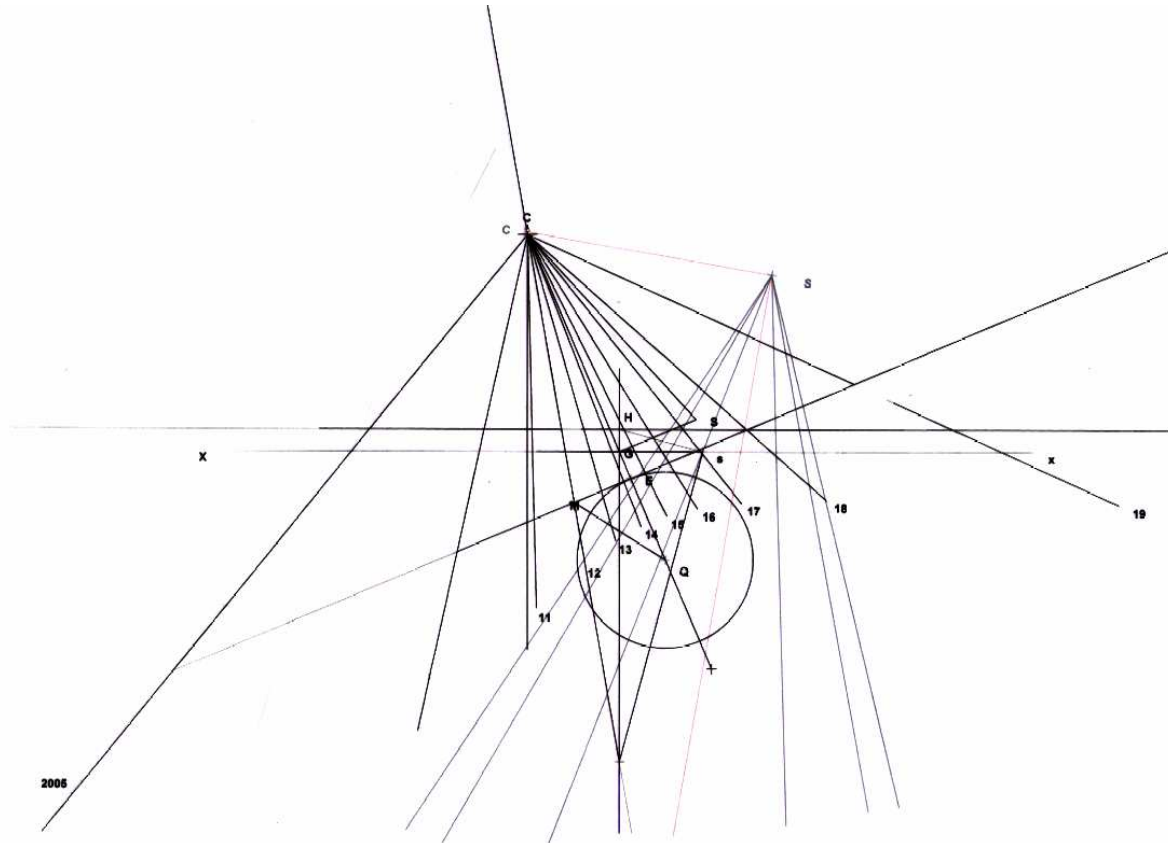


Figure 9

Conclusion

Pour les cadrans des types verticaux (orientaux, méridionaux, occidentaux) et des types horizontaux, il existe des simplifications très connues, dont nous ne parlons pas.

Ce sont des cas rencontrés pour les cadrans multi-faces. Pour les bâtiments il est extrêmement rare de rencontrer des cas orientaux, méridionaux, occidentaux ; 1 pour 1000 environ, et moins encore de septentrionaux.

Moins connus sont les cadrans dont les styles sont presque parallèles aux surfaces des cadrans. Leurs centres sont rejetés hors de l'épure. Nous ne savons que les solutionner par calculs complets, et ce n'est pas très difficile. Le formulaire du cadran plan à style ponctuel est très simple. Il se compose de trois algorithmes de transformation de coordonnées : 6 lignes de formule !

Pour finir voici un autre cadran qui me semble difficile par épure seule, sans aucun calcul :

Plan à style ponctuel, Paris, déclinant de 34° incliné de 54° :

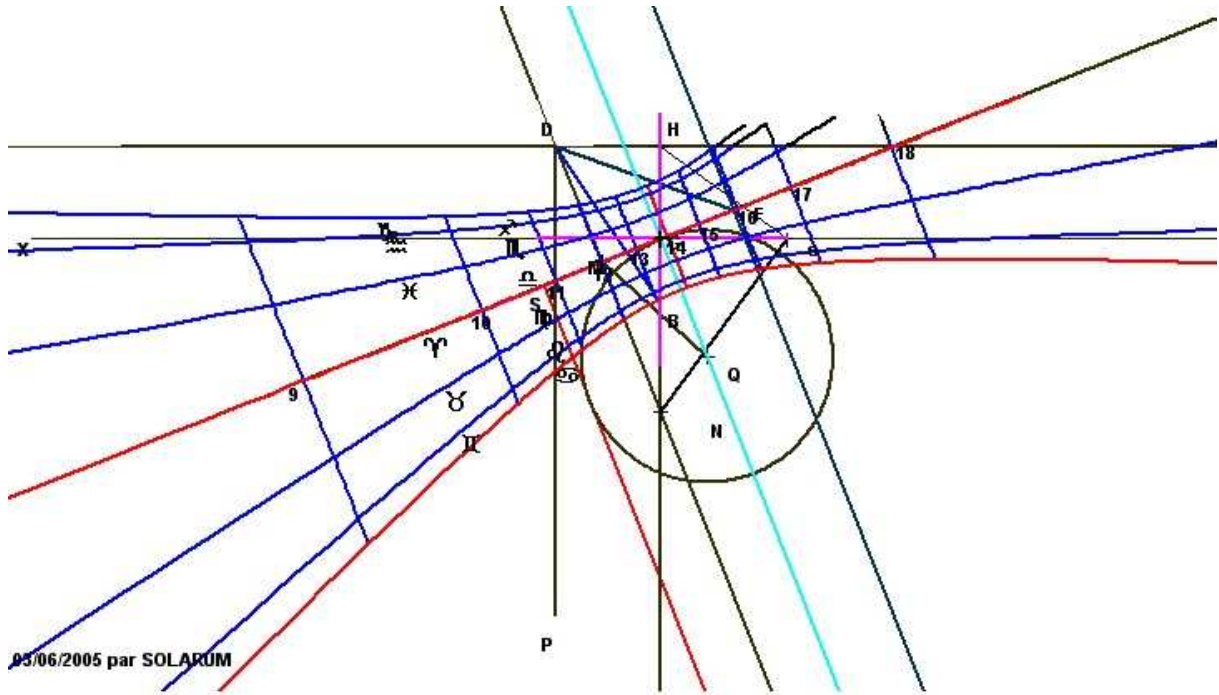


Figure 10

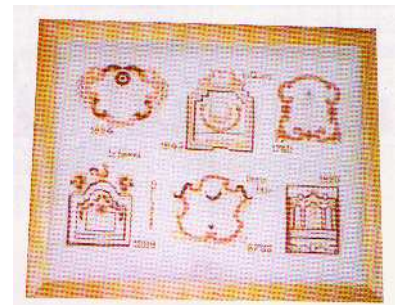
Je ne sais pas tracer ce cas par épure. En revanche, SOLARIUM nous suggère une épure à retrouver par la règle et au compas. Essayons !

La création

Le MARQUOIR
France -Point de CROIX
BP 3033;
78103 St Germain en Laye

Dans le n° 45 du "Marquoir" (printemps 2004), vous pouvez découvrir des cadrans solaires réalisés au... point de croix.

Passionnée par la montagne, Briançon et ses cadrans solaires, une jeune "mercière" s'est lancée dans la broderie de cadrans solaires à partir de ses propres dessins sur papier millimétré et à l'aide d'un logiciel de point de croix.



Cadran de ZARBULA 1/2 (A. Ferreira)

Article rédigé d'après la "présentation diaporama" de A. Ferreira lors de la réunion de notre commission de Printemps 2005.



Que nous a laissé en héritage le cadranier Giovanni Francesco ZARBULA qui a daté ses cadrans de 1830 à 1872¹ et dont on ne connaît pas le visage ?

Zone d'activité du cadranier:

La zone d'activité de l'artiste est un triangle formé par les villes de Torino, Grenoble et Sisteron. On dénombre 103 cadrans se répartissant en:

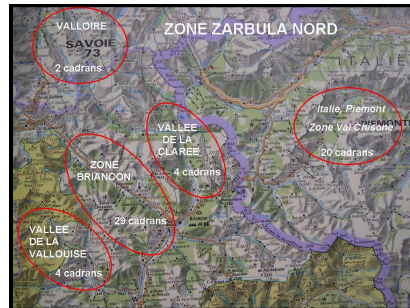
- 26 originaux, dont 11 avec tracé de Zarbula; 36 restaurés dont 23 avec photos des originaux; 41 disparus dont 5 avec photos du dessin.

Il existe également: 5 "douteux"; 8 doubles ou complémentaires.

Cette zone peut être découpée en partie Nord avec 2 cadrans à Valloire, 4 dans la vallée de la Clarée, 29 dans la zone de Briançon, 4 à Valloise, 20 dans le Val Chisone dans le Piémont et en partie Sud: 46 dans le Querays, 2 Ubaye, 1 Les Trancs, 1 Les Orres.



"Le triangle Zarbula"



Zone Nord



Zone Sud

La clé du tracé:

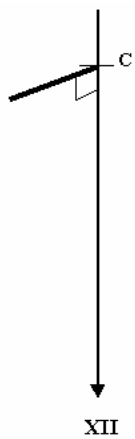
Cette clé est découverte par Paul Gagnaire*, à partir du cadran de Valloire à Les Verneys en Savoie (Références ouvrages de Paul Gagnaire : "Cadrans solaires en Savoie", page 130 : A Valloire, un mystère élucidé et dans "L'équerre et l'oiseau ou l'art et la manière de Zarbula").



° Les présupposés:

- Zarbula opère à la latitude 45°.
- Aucun de ces cadrans n'est orienté vers le Nord.
- Le mur est vertical.
- Zarbula a une bonne idée de l'emplacement du cadran sur le mur et de ses dimensions.

¹ Durant cet été, A. Ferreira et S. Grégori ont découverts en Italie, un nouveau cadran de 1881, ce qui repousserait l'activité de Francesco d'une dizaine d'années.

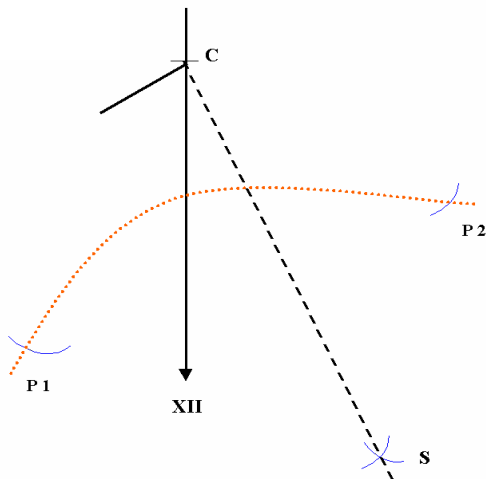
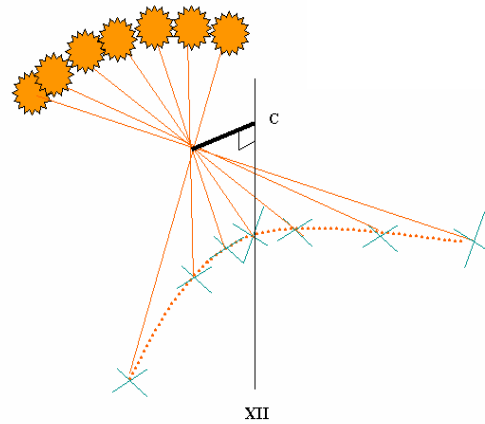


° La méthode:

◀ Zarbula trace la "ligne XII" de midi, marque un centre C du cadran et plante un style droit à ce point C.

Il trace ensuite point par point le trajet de l'extrémité de l'ombre portée par le style droit pendant une journée.

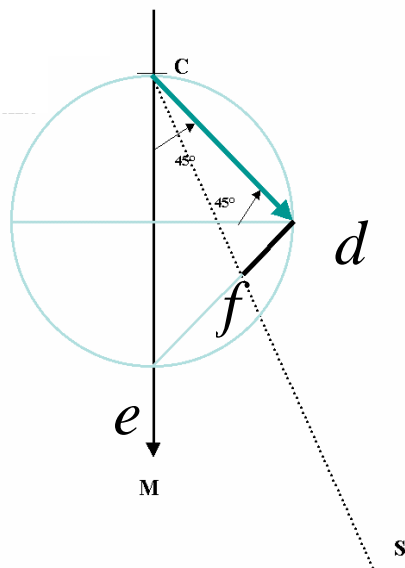
De fait, il dessine l'arc diurne de déclinaison du soleil pour cette date. ▶



Pour la deuxième étape, (figure à gauche) Zarbula va tracer la ligne de symétrie issue du point C de l'arc diurne. Cette ligne de symétrie n'est rien d'autre que la "sous-stylerie" c'est à dire la projection orthogonale du style polaire sur la table.

Sa méthode: à l'aide d'un compas piqué au point C il trace deux arcs de cercle coupant l'arc diurne en P1 et P2. Il place la pointe de son compas en P1, marque un arc de cercle, puis maintenant le même écartement il place la pointe du compas en P2 et trace un second arc de cercle coupant le premier en S.

En joignant les points C et S, il obtient la sous-stylerie.



La troisième étape consiste à définir les **dimensions du style et de sa jambe.**

Pour cela, il trace un cercle dont le centre se situe sur la ligne XII et passe par le point C. Il trace le rayon horizontal puis la corde C d, la corde d e, fait ressortir sur cette dernière la portion d f. Ce point f étant situé sur la sous-stylerie CS.

Il a ainsi obtenu la projection sur la table de:

° f : position du pied du style droit définitif.

° fd : la hauteur de ce style droit définitif.

Le point C étant le pied du style polaire définitif.

Il a de fait déterminé toutes les caractéristiques du style droit/polaire définitif à savoir la position des "pieds", l'angle de la sous-stylerie avec la ligne de XII, l'angle du style polaire avec la table et cela sans tenir compte de la

déclinaison du mur qu'il n'a pas cherché à relever.

Remarquons bien que le triangle $e C d$ se compose de 2 angles de 45° ($e C d$) et ($C f d$) car c'est **cela la clé de la méthode de Zarbula** qui a la "chance" d'oeuvrer sous une latitude de cette valeur, ainsi aux équinoxes, le soleil est parfaitement aligné avec le style droit définitif (figure 1) et c'est pour cela que le style droit définitif a bien la même sous-stylaie (fig

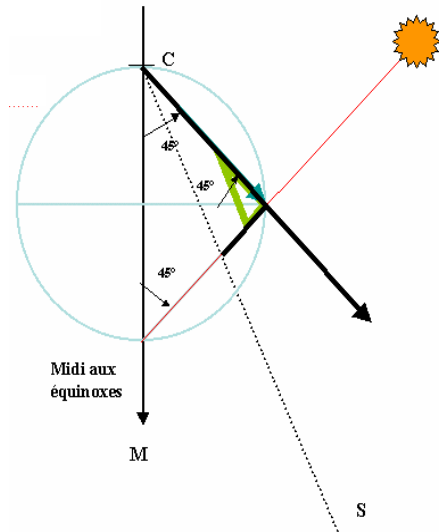


Figure 1

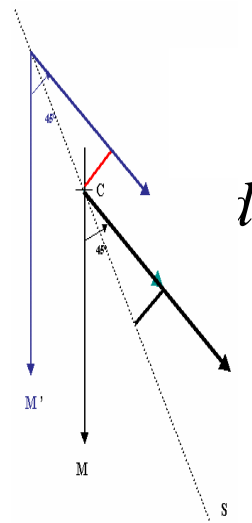


Figure 2

Le tracé des lignes horaires:

Il prolonge de part et d'autre le rayon horizontal du cercle de construction qui devient "la ligne d'horizon". Il trace la ligne équatoriale en plaçant une équerre sur la sous-stylaie et en tirant une ligne passant par le point f de notre cercle (l'équatoriale est perpendiculaire à la sous-stylaie).

Il trace la ligne issue du point C passant par l'intersection de la ligne d'horizon et de la ligne équatoriale. Cette ligne sera la ligne horaire de 18h pour un cadran déclinant de l'après midi (figure 3), ou la ligne de 6h située à gauche de la ligne CM, pour un cadran du matin.

Pour les autres lignes horaires, il fait usage d'un "cadran équatorial auxillaire" avec l'avantage bien connu d'avoir des lignes horaires de 15° en 15° de par son positionnement dans le plan de l'équateur. Pour cela il va tout d'abord positionner le centre W de la projection de ce cadran auxillaire.

Position du centre W (figure 4): Zarbula trace un cercle passant par les 3 points déjà définis: le point C, l'intersection de l'équatoriale et de la ligne CM (ligne XII), l'intersection de la ligne de 18h et de l'équatoriale. (Ce cercle a pour centre le point O, point de symétrie du segment l'intersection de l'équatoriale et de la ligne CM (ligne XII), l'intersection de la ligne de 18h et de l'équatoriale).

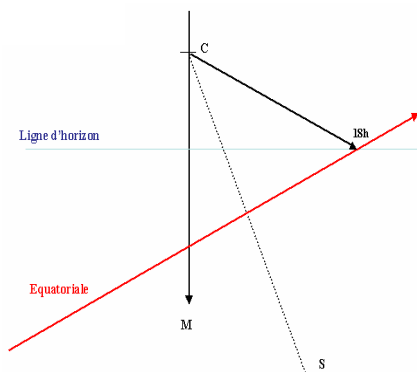


Figure 3

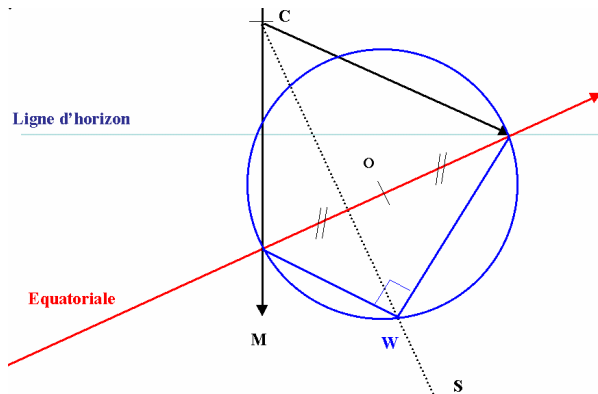


Figure 4

A partir du centre W, il va tracer un faisceau de droite faisant 15° de part et d'autre à partir de la ligne 12h W (figure 5)

Chaque intersection de ce faisceau avec la ligne équatoriale marque la position des heures. Il suffit de rejoindre le point C à ces points pour obtenir les lignes horaires du cadran final (figure 6)

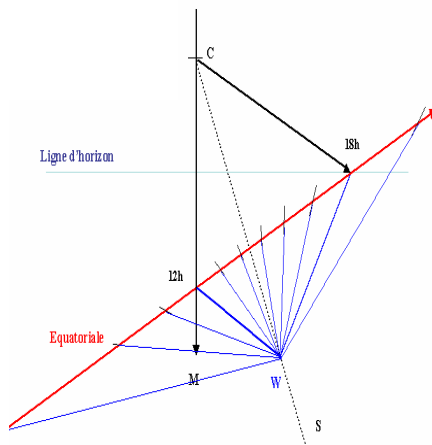


Figure 5

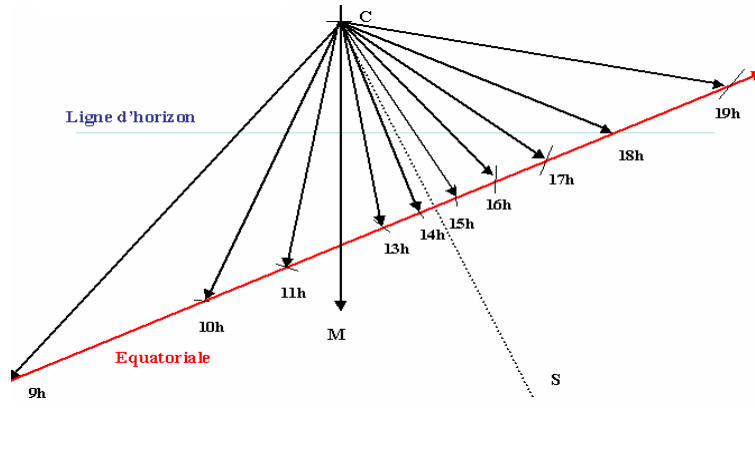


Figure 6

Voilà, Zarbula a terminé la partie technique de son cadran, il lui restera à le décorer suivant son "style" et à sa manière. A nous de partir découvrir ses cadrans, montrer ses réalisations, vérifier à partir de vestiges de tracés l'objet de cette première partie. Rendez-vous donc dans le n° 13 de Cadran Info.

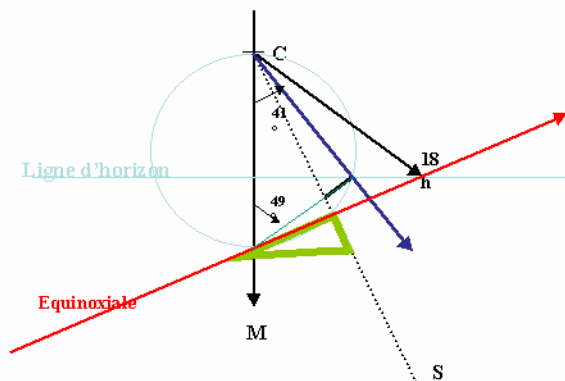
En complément:

*** Le "découvreur" de la méthode Zarbula**



Remerciements au "découvreur" de la "méthode Zarbula": M. Paul Gagnaire (à droite sur la photo), avec M. E. Villaplana (cadrancier).

La méthode Zarbula est-elle possible sous d'autres latitudes?



La réponse est oui, par contre il nous faut connaître la latitude du lieu pour tracer notre triangle de la figure 1. Celui-ci n'est plus composé de 2 angles de 45° et d'un de 90° , mais d'un angle en bas de la valeur de la latitude (exemple pour Paris 49°), d'un angle au sommet de 41° (= à 180° (somme des angles d'un triangle) – 49°).

◀ Exemple pour Paris lat: 49°

DICTIONNAIRE ILLUSTRÉ DE LA GNOMONIQUE (P. Gojat)

Un **Dictionnaire illustré de la gnomonique**: *Cadrans solaires et instruments apparentés.*

Pour la première fois, sont réunies, classées par ordre alphabétique les définitions de quelques 800 noms communs et noms propres de la gnomonique. Exceptionnellement l'alphabet des noms communs comprend 27 lettres, puisque le mot «Cadran» justifie d'être traité comme une lettre indépendante qui remplit un chapitre à lui seul. Ce dictionnaire à la fois pédagogique et savant est destiné à tous les types de lecteurs. Ceux qui découvrent pour la première fois les cadrans solaires aussi bien que les amateurs éclairés (sic!) et les gnomonistes avertis y trouveront la réponse à leurs questions ou la référence qui leur manque à ce moment là.



Manuel de gnomonique à l'usage général.

Pierre Gojat

Au-delà de la symbolique du temps qui passe, de celles du Soleil qui resplendit en apportant lumière, chaleur et bienfaits, il existe bien d'autres fonctions symboliques que les cadrans solaires mettent en valeur. Notre Soleil, source de vie, astre central, lumineux, du monde que nous habitons et autour duquel gravitent les planètes, occupe une place centrale, essentielle, dans la quête scientifique qui est à l'origine de la famille des instruments scientifiques de toutes natures présentés dans cet ouvrage. Le Dictionnaire a choisi de décrire la signification des termes courants et des termes savants, en privilégiant l'emploi qui en est fait par la gnomonique et pour les instruments tels que les cadrans solaires, les astrolabes, les sphères armillaires et bien d'autres qui sont de la même parenté.

La principale justification du Dictionnaire est de démêler au sein de la terminologie de très nombreuses disciplines, ce qui appartient ou relève de la gnomonique et des instruments astronomiques, sans avoir besoin de se référer à de trop courtes lignes relevées dans de trop nombreux ouvrages souvent anciens. Le Dictionnaire illustré de la gnomonique nous montre à la perfection qu'il n'y a pas d'un côté les savants et de l'autre les fous, les artistes et les poètes : science, artisanat d'art et imaginaire sont imbriqués.

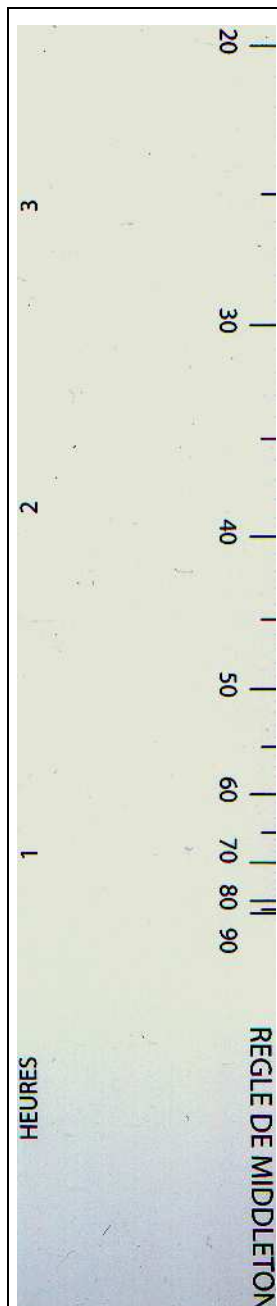
Près de 800 entrées, 236 pages, 236 photos et illustrations, 14 planches hors texte, 200 savants, artistes et artisans, 53 dieux solaires, 40 villes, etc. et des définitions qui font (enfin) la part belle à la gnomonique. Ce sont 236 pages de Soleil, de science, d'art, d'histoire, d'astronomie, de géographie, de mathématiques, de religion, d'inventions, de cartographie, de découvertes, de commerce, d'arpentage, de curiosités, de philosophie, de navigation, de géométrie, de bibliophilie, de géodésie, de civilisations, de topographie, etc. (Format 21 cm x 21 cm, impression laser noir et blanc, couverture couleur pelliculée, reliure sur anneaux métalliques - édité par l'auteur à Tigery (91) en 2005).

La REGLE à CADRANS (M. Kieffer)

The Middleton Scales ou la Règle à Cadrans

RAPPEL HISTORIQUE:

Il est question de la règle à cadrans dans "The Oxford English Dictionary" en 1767. Vers 1895, E.C. Middleton, graveur sur métaux, signa une règle à cadran en laiton. En 1968, J.C. Porter en démontre le principe, et en 1970, F.W. Cousins le vulgarise dans son livre "Sundials".



A cela, notre collègue Yvon Masse complète par << ce qui peut être lu dans l'article "Cadran solaire" des Suppléments de l'Encyclopédie Diderot et d'Alembert publiés de 1776 à 1777 et fait référence aux articles de M. R. Sawyer>>.

...*"Mais les étuis mathématiques qui nous viennent d'Angleterre, contiennent deux échelles, à l'aide desquelles on construit les cadrans solaires avec autant d'exactitude que de facilité pour quelque hauteur de pôle que ce soit. Elles devraient se trouver dans tous les compas de proportion. Cependant elles sont peu connues en-deçà de la mer, quoique Clavius en parle dans ses "Oeuvres Mathématiques" imprimées en 1612, & que Van-Schooten en ait donné la démonstration dans ses "Exercices Mathématiques", livre V, section 29, page 510 & suivantes (édition de J.Elzevir 1657).*

Van-Schooten en attribue l'invention à Samuel Foster, professeur d'Astronomie dans le collège de Gresham à Londres, qui, en 1638, publia à ce sujet un traité intitulé "The Art of Dialing, by a new, easy and most speedy way".

Jean Collin décrit en long cette méthode dans un livre intitulé "The Description and uses of a great universal Quadrant", imprimé à Londres en 1658. Cet auteur en attribue l'invention à Jean Ferrero, Espagnol. Harris en parle dans son "Lexicon Technicum", article "Dialing lines".

Ensuite M. Krafft, académicien de Petersbourg, en a donné une démonstration algébrique dans le XIIIème tome des "Commentaires de Petersbourg", pour les années 1741-42, page 255 & suivantes.

Enfin M. Lambert, de l'académie royale des sciences & belles lettres de Berlin, dans ses "Remarques pour étendre l'usage des Mathématiques pratiques", troisième tome imprimé en Allemand à Berlin 1772, page 1 & suivante, sous le titre de "Propriété particulière des Tangentes", se propose la chose comme un problème qu'il résout par le calcul, d'une manière plus simple que n'avait fait M. Kraft"...

D'autre part Mr F. Sawyer, président de la NASS, a réédité et commenté en 1995 le livre "Dialling Universal" de George Serle paru en 1657 et qui décrivait l'utilisation de cette règle. Il a également consacré plusieurs articles à cette règle dans "The Compendium", le bulletin de la NASS.

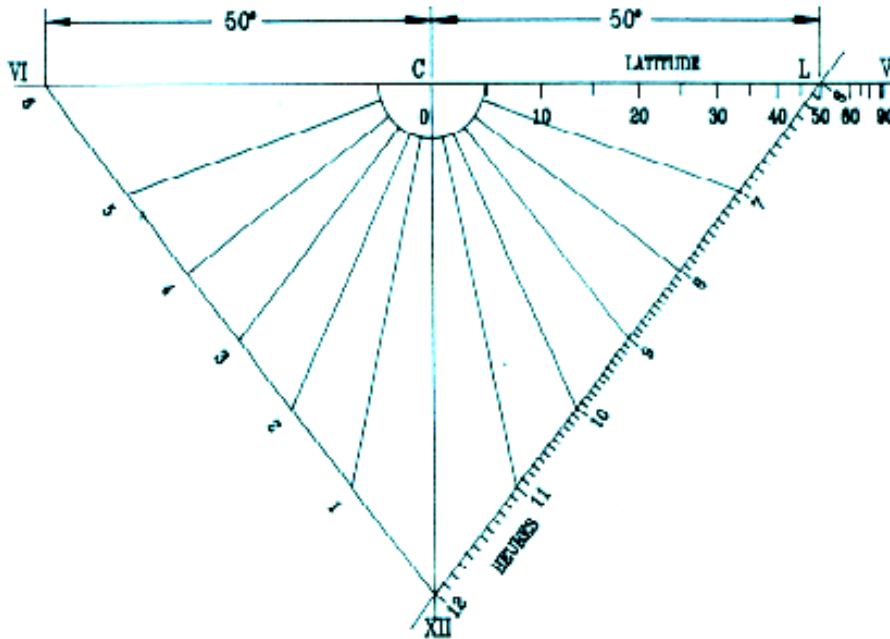
Voilà quelques éléments qui montrent que l'invention de cette règle est ancienne et que les prétendants à son invention sont assez nombreux...

DESCRIPTION :

Exécutée 100 ans plus tard (que celle de Middleton), la copie libre de la règle (voir page précédente) permet de tracer des cadrans horizontaux, verticaux déclinaux ou non. Un côté de la règle porte l'échelle des latitudes, de 0° à 90°. L'autre côté porte l'échelle des heures.

NB: La règle peut être achetée auprès de l'auteur.

UTILISATION



POUR TRACER UN CADRAN HORIZONTAL

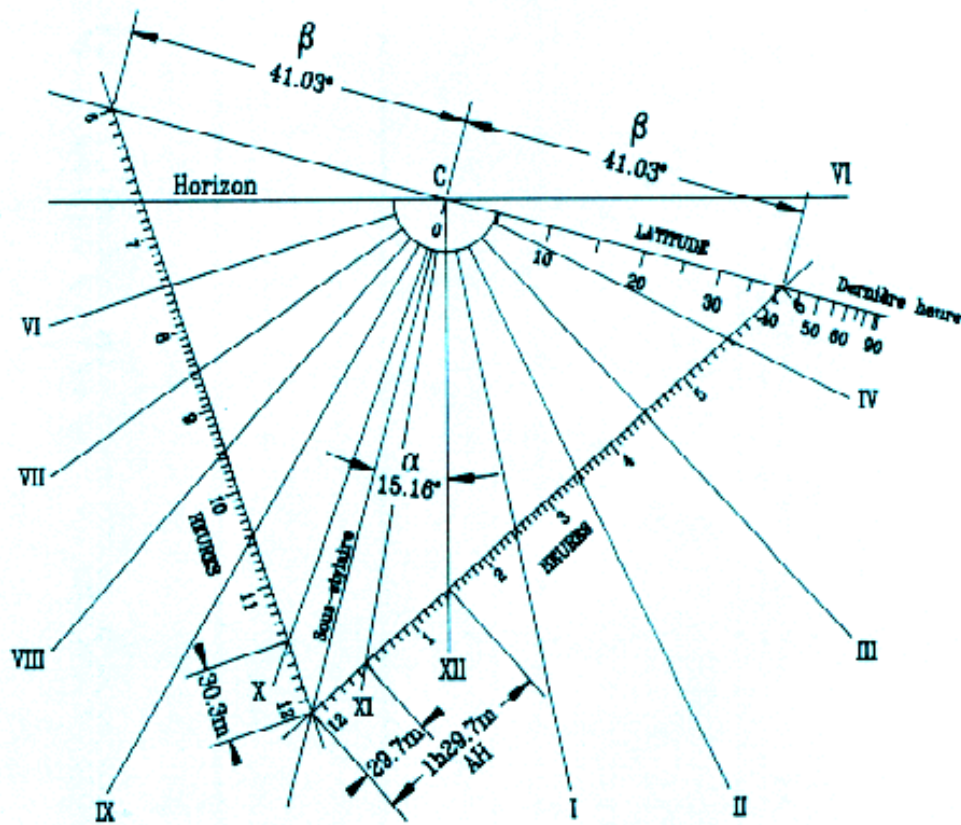
- Tracer la ligne des VI et sa perpendiculaire, celle du XII.
- Poser l'échelle des latitudes sur C-VI, 0° en C. Pointer la latitude choisie (dans l'exemple: 50°)
- Poser l'échelle des heures (formant une hypoténuse) l'heure 6 en L, l'heure 12 sur C-XII.
- Pointer les heures. Répéter l'opération de l'autre côté de C-XII.
- Tracer les lignes horaires avec C pour centre du cadran.
- Numéroter les heures. Dans l'hémisphère Nord, sur un cadran horizontal, la numérotation des heures se fait dans le sens horaire.

POUR TRACER UN CADRAN VERTICAL MÉRIDIONAL

- Au lieu de considérer la latitude, prendre son complément (90° - latitude).
- La numérotation dans l'hémisphère Nord se fait dans le sens antihoraire.

POUR TRACER UN CADRAN VERTICAL DÉCLINANT

- Calculer l'angle α entre la sous-stylaire et la ligne du midi: $\text{tg } \alpha = \sin d / \text{tg } \varphi$
- Calculer l'angle β entre le style et la sous-stylaire: $\sin \beta = \cos \varphi \cdot \cos d$
- Calculer l'angle horaire AH quand l'ombre du style tombe sur la sous-stylaire: $\text{tg AH} = \text{tg } d / \sin \varphi$
- Transformer cet angle en minutes et secondes de Temps. (1° = 4m et 1' = 4s)
- Tracer l'horizontale et sa perpendiculaire, la ligne du XII.
- Tracer la sous-stylaire et sa perpendiculaire en C.
- Pointer avec l'échelle des latitudes la valeur β .



- Poser l'échelle des heures en hypoténuse et constater la valeur AH au passage de la ligne du XII.
 - Pointer les heures en partant de l'intersection avec la ligne du XII en ajoutant (ou en enlevant) la valeur de 1 heure sur l'échelle.
 - Tracer l'autre côté du cadran en tenant compte du complément à 60 minutes entre les deux lignes horaires encadrant la sous-styloire.
 - Dans l'exemple choisi:
 - Latitude $\phi = 46.73^\circ$
 - Déclinaison du mur $d = -16.73^\circ$ (mur déclinant vers l'Est)
- Après calculs: $\alpha = 15.162^\circ$, $\beta = 41.03^\circ$, $AH = -22.431^\circ$ soit -1h 29.7m.

Source http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca/cadransolaire/p3v6no2.html

- ↳ **Sur la version CDrom, vous trouverez en annexe:**
- ° Le logiciel concernant le style du cadran (Excel)
 - ° La démonstration du traçage des cadrans à l'aide de la règle (Power Point)

Stèle de la GROIRIE (D. Savoie)

ou "stèle gnomonique de l'abbaye de l'Epau"

Le département de la Sarthe peut s'enorgueillir de posséder aujourd'hui une magnifique stèle gnomonique qui date du XVII^e siècle, superbement mise en valeur grâce à l'action efficace de M. Paul Deciron¹ dans le parc de l'abbaye de l'Epau au Mans. Elle se trouvait à l'origine dans le parc du château de la Groirie, à Trangé (figure 1).

Félicitons le Conseil Général de la Sarthe, qui n'a pas hésité à acheter et valoriser cette stèle unique afin qu'elle reste dans le département.



Figure 1 – La stèle gnomonique du temps où elle se trouvait au château de la Groirie dans la Sarthe.

Sur les 32 cadrans solaires que comporte cette stèle² – peut-être la plus belle en France –, six cadrans sont particulièrement originaux. Ils se trouvent tous les six sur les faces orientales et occidentales de la stèle : deux cavités semi-coniques, deux cadrans demi-sphériques, et deux cadrans cylindriques équatoriaux.

Il n'est pas inintéressant de donner la théorie moderne de ces derniers cadrans³. Précisons dès à présent qu'on ignore absolument comment ces cadrans particuliers ont été réalisés à l'époque. Si les cavités semi-coniques et les demi-sphères ont pu faire l'objet en partie ou en totalité d'un tracé par voie géométrique ou analytique, il est peu probable par contre qu'il en est été de même pour les cadrans cylindriques équatoriaux. Il est vraisemblable que l'auteur de cadrans a utilisé un artifice très simple : comme l'heure est indiquée dans un volume "complexe", – sous-entendu orienté et incliné –, par l'ombre d'une arête polaire, il suffisait d'attendre, une fois le cadran mis en place et en état de fonctionner, qu'il soit par exemple telle heure sur le cadran méridional (facile à tracer à l'époque) pour matérialiser l'ombre de l'arête polaire dans le volume complexe⁴.

1 – Cadrans demi-cylindriques équatoriaux

¹On doit à M. Paul Déciron non seulement la préservation de cette stèle mais également sa mise en place à l'abbaye de l'Epau. On consultera avec profit l'article très complet qu'il a consacré à cet ensemble : P. DECIRON, "Le cadran monumental du château de la Groirie", *Sciences et Art de la Sarthe*, Bulletin de la Société d'Agriculture, n° 784, année 2002, parution 2004, p. 9-31. La stèle est attribuée à un bénédictin pour l'année 1635. On cherche en vain dans sa devise un chronogramme : *simplex sum sine sole nihil sine lumina nullus*.

²Il s'agit de cadrans méridionaux, polaires, équatoriaux et septentrionaux.

³La théorie des cavités semi-coniques et des demi-sphériques se trouve dans D. Savoie, *La Gnomonique*, Paris, Les belles Lettres, 2001.

⁴Ce procédé a certainement aussi été utilisé pour tracer sur la stèle un cadran septentrional en forme de coquille.

Ornant les faces Est et Ouest, leur déclinaison gnomonique est donc $D = \pm 90^\circ$. Il s'agit d'un cylindre de rayon R coupé en deux et incliné vers l'équateur céleste (donc perpendiculaire à l'axe des pôles); une arête polaire (qui fait office de style) projette dans le cylindre une ombre dont on cherche les coordonnées. Les heures limites du cadran sont 6 h et 18 h; à midi, le Soleil est dans le plan des cadrans.

Soit K le centre de l'arête, autrement dit du style polaire (K peut être matérialisé par exemple par une bille enfilée sur le style); faisons passer par K un système d'axes orthonormés, l'axe des x étant dirigé vers la droite, l'axe des z vers le pôle céleste Nord (figure 1). Dans le cas d'un cadran occidental, l'axe des y est dirigé vers l'Est; dans le cas d'un cadran oriental, l'axe des y est dirigé vers l'Ouest. Cet axe des y rencontre le cylindre en P .

Les coordonnées (x, y, z) d'un point d'ombre issu du point K sont :

$$x = \rho p \quad y = \rho q \quad z = \rho r$$

avec

$$\rho = -\sqrt{\frac{R^2}{q^2 + r^2}}$$

et

$$p = -\cos \delta \sin (H - D) \quad q = -\cos \delta \cos (H - D) \quad r = \sin \delta$$

Afin de tracer en totalité une ligne horaire, on fait varier, pour un angle horaire H donné, la déclinaison δ de -90° à $+90^\circ$ (figure 3).

Pour reporter les coordonnées, on trace dans le cylindre la génératrice qui correspond à l'axe des x . Cette génératrice est en fait la ligne équatoriale, qui contient le point P ($PK = R$). Depuis ce point, on reporte les x , qui situés à gauche de P si le cylindre est occidental ($x < 0$), et à droite de P si le cylindre est oriental ($x > 0$). La coordonnée \hat{y} sera reportée perpendiculairement à cet axe des x à l'aide d'un mètre souple, le long du cylindre : si $\delta > 0^\circ$, \hat{y} est situé "sous" l'axe des x (donc $y < 0$) et inversement si $\delta < 0^\circ$. On a:

$$\hat{y} = R \alpha \frac{\pi}{180^\circ} \quad \text{avec } \tan \alpha = \frac{z}{y}$$

Exemple : en prenant pour Le Mans $\phi = 48^\circ$, $D = +90^\circ$, $R = 7,5$ cm, traçons quelques points pour $H = +30^\circ$:

$\rho = -12.104$	$p = 0.785$	$q = -0.453$	$r = -0.423$	$x = -9.500$	$y = 5.485$	$z = 5.115$	$\alpha = 43.003$	$\delta = -25^\circ$
$\rho = -12.905$	$p = 0.814$	$q = -0.470$	$r = -0.342$	$x = -10.502$	$y = 6.064$	$z = 4.414$	$\alpha = 36.052$	$\delta = -20^\circ$
$\rho = -13.688$	$p = 0.837$	$q = -0.483$	$r = -0.259$	$x = -11.450$	$y = 6.611$	$z = 3.543$	$\alpha = 28.187$	$\delta = -15^\circ$
$\rho = -14.364$	$p = 0.853$	$q = -0.492$	$r = -0.174$	$x = -12.251$	$y = 7.073$	$z = 2.494$	$\alpha = 19.425$	$\delta = -10^\circ$
$\rho = -14.832$	$p = 0.863$	$q = -0.498$	$r = -0.087$	$x = -12.796$	$y = 7.388$	$z = 1.293$	$\alpha = 9.925$	$\delta = -5^\circ$
$\rho = -15.000$	$p = 0.866$	$q = -0.500$	$r = 0.000$	$x = -12.990$	$y = 7.500$	$z = -0.000$	$\alpha = -0.000$	$\delta = 0^\circ$
$\rho = -14.832$	$p = 0.863$	$q = -0.498$	$r = 0.087$	$x = -12.796$	$y = 7.388$	$z = -1.293$	$\alpha = -9.925$	$\delta = 5^\circ$
$\rho = -14.364$	$p = 0.853$	$q = -0.492$	$r = 0.174$	$x = -12.251$	$y = 7.073$	$z = -2.494$	$\alpha = -19.425$	$\delta = 10^\circ$
$\rho = -13.688$	$p = 0.837$	$q = -0.483$	$r = 0.259$	$x = -11.450$	$y = 6.611$	$z = -3.543$	$\alpha = -28.187$	$\delta = 15^\circ$
$\rho = -12.905$	$p = 0.814$	$q = -0.470$	$r = 0.342$	$x = -10.502$	$y = 6.064$	$z = -4.414$	$\alpha = -36.052$	$\delta = 20^\circ$
$\rho = -12.104$	$p = 0.785$	$q = -0.453$	$r = 0.423$	$x = -9.500$	$y = 5.485$	$z = -5.115$	$\alpha = -43.003$	$\delta = 25^\circ$
$\rho = -11.339$	$p = 0.750$	$q = -0.433$	$r = 0.500$	$x = -8.504$	$y = 4.910$	$z = -5.669$	$\alpha = -49.107$	$\delta = 30^\circ$
$\rho = -10.641$	$p = 0.709$	$q = -0.410$	$r = 0.574$	$x = -7.549$	$y = 4.358$	$z = -6.104$	$\alpha = -54.470$	$\delta = 35^\circ$
$\rho = -10.023$	$p = 0.663$	$q = -0.383$	$r = 0.643$	$x = -6.650$	$y = 3.839$	$z = -6.443$	$\alpha = -59.210$	$\delta = 40^\circ$

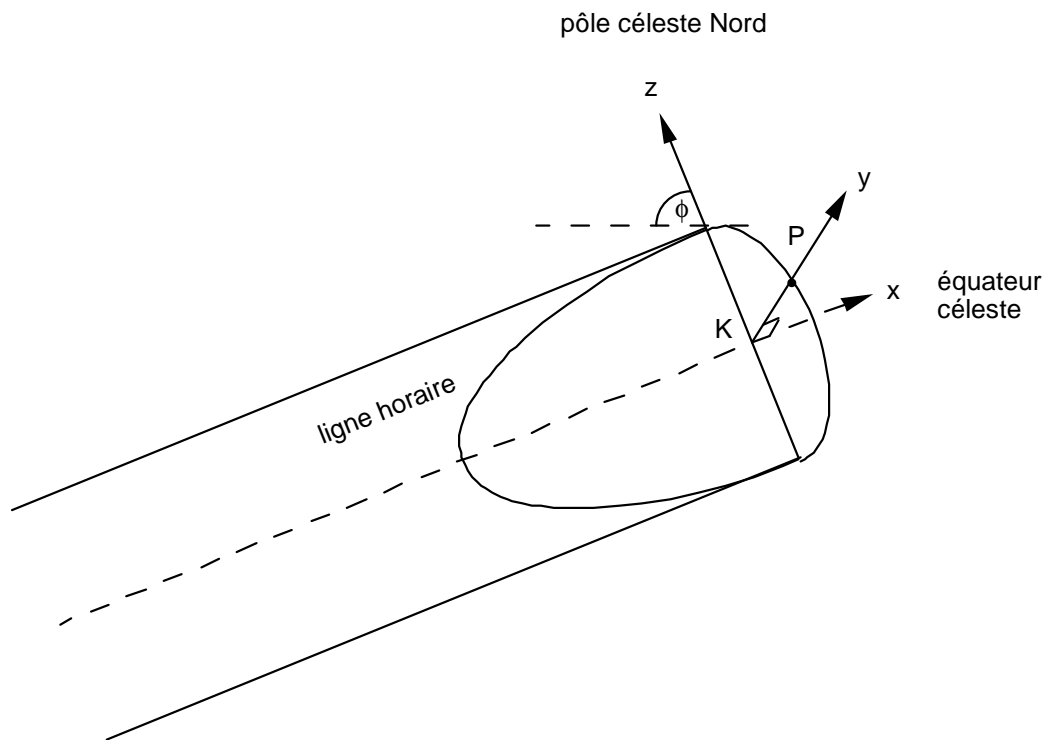


Figure 2 – Cylindre incliné dans le plan équatorial. Orientation du système de coordonnées ▲ .

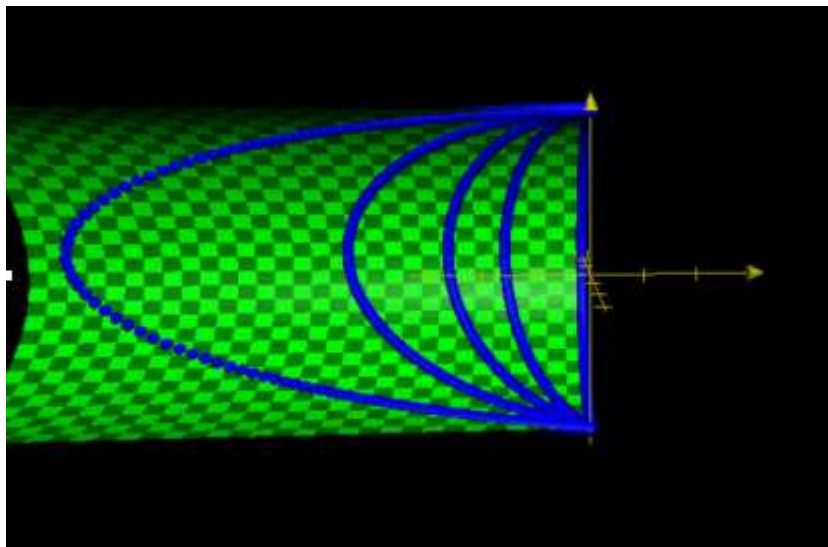


Figure 3 – Simulation du tracé des lignes horaires dans un cylindre occidental.

THEORIE DU CADRAN HELICOIDE (D. Savoie)

Ce qui rend le cadran solaire hélicoïde original¹ n'est pas seulement sa forme ou le fait qu'il ne possède pas à proprement parlé de style. C'est le fait que ce n'est pas l'ombre d'un bord sur la surface qui indique l'heure, mais l'ombre rasante qui résulte de son éclairage tangentielle, ce qui *a priori* n'est pas du tout intuitif. Pour autant, l'utilisation de cette ombre rasante est loin d'être idéale pour lire l'heure : son contraste et sa netteté sont très inférieurs à l'ombre pure.

On trouvera ci-après une théorie de l'ombre du bord de l'hélicoïde² sur sa surface, – ce qui permet de montrer que cette ombre ne peut indiquer l'heure dans cette configuration –, ainsi qu'une théorie de l'ombre rasante, qui seule peut être utilisée pour indiquer l'heure dans le cas présent.

1 – Ombre du bord de l'hélicoïde

Soit à calculer les coordonnées de l'ombre du bord d'un hélicoïde à un instant et une date donnés. Les coordonnées paramétriques d'un hélicoïde d'axe Oz sont :

$$x = u \sin t, \quad y = u \cos t, \quad z = ct$$

avec $-\pi < t < \pi$. u désigne le rayon R de l'hélicoïde ($-R < u < R$). c est une constante qui exprime le vrillage. L'équation paramétrique ci-dessus donne un vrillage montant de l'hélicoïde de la droite vers la gauche³. L'axe Oz est dirigé vers le pôle céleste Nord (donc parallèle à l'axe de rotation de la Terre); l'axe des x est dirigé vers l'Est; l'axe des y est dirigé vers le Nord (vers le "bas"). L'hélicoïde est donc polaire (figure 1).

Ecrivons l'équation de l'hélicoïde dans un repère ayant pour origine le point O' , porté par l'axe Oz et tel que $OO' = z_0$, et dont les axes Ox' et Oy' font avec Ox et Oy un angle D autour de Oz.

$$x' = u \sin(t + D), \quad y' = u \cos(t + D), \quad z' = ct + z_0$$

L'angle de déphasage D introduit est en fait la déclinaison gnomonique (comptée depuis le Sud dans le sens horaire, de 0° à $+180^\circ$ et de 0° à -180°) d'un point du bord de l'hélicoïde.

$$D = z_0/c$$

$$\text{On a } \frac{y'}{x'} = \cotan(t + D)$$

$$\text{d'où } y' = x' \cotan(t + D)$$

Or $z' = ct + cD = c(t + D)$. D'où $y' = x' \cotan\left(\frac{z'}{c}\right)$: c'est l'équation de l'hélicoïde pour un point quelconque de l'axe Oz.

¹Cadran construit à Lyon par P. Hein, dans le parc J. Jugan près de la Part-Dieu, immeuble Danica. Comme l'a montré P. Gagnaire, le cadran est mal orienté et donc ne fonctionne pas.

²Je tiens à remercier vivement MM. Dallet et Baillet dont l'aide a été déterminante, par leurs réalisations, pour établir la théorie. Et toute ma gratitude va à Marc Goutaudier, du Palais de la découverte, qui a passé beaucoup de temps à relire, à améliorer et à vérifier les calculs : la présente théorie lui doit beaucoup !

³L'hélice, engendrée par l'hélicoïde, tangente à un cylindre extérieur, est *dextre* si elle monte dans le sens trigonométrique (de gauche à droite) et *senestre* si elle monte dans le sens des aiguilles d'une montre.

Soit P' l'extrémité d'un rayon de l'hélicoïde, tel que O'P' = R. En ce point P', l'équation de l'hélicoïde s'écrit : $y' - R = x' \cot an\left(\frac{z'}{c}\right)$.

Dans le repère lié à P' (qui est donc un repère mobile), les coordonnées angulaires définissant la direction du Soleil sont les coordonnées H et δ. Les coordonnées (p, q, r) du vecteur unitaire \vec{u} joignant l'extrémité du point P' de l'hélicoïde au Soleil sont données par :

$$\vec{u} \begin{cases} p = -\cos \delta \sin(H - D) \\ q = -\cos \delta \cos(H - D) \\ r = \sin \delta \end{cases}$$

Trouver les coordonnées de l'image I d'un bord de l'hélicoïde éclairé par le Soleil sur l'hélicoïde, revient à chercher l'intersection de la droite portée par \vec{u} et passant par P'. Un point quelconque de la droite (P', \vec{u}) ayant pour coordonnées paramétriques (ρp, ρq, ρr), le paramètre ρ de l'intersection cherchée vérifie l'équation :

$$\rho q - \rho p \cot an\left(\frac{\rho r}{c}\right) = R$$

C'est une équation transcendante que l'on peut résoudre par approximations successives⁴. ρ désigne donc la distance entre un point du bord de l'hélicoïde et le point d'ombre à sa surface. On a toujours ρ < 0. Les coordonnées du point d'ombre I depuis P' sont :

$$\begin{aligned} X &= \rho p, \\ Y &= \rho q, \\ Z &= \rho r \end{aligned}$$

Pour passer dans le repère (O, x, y, z) d'origine, on repasse par le repère lié à O' puis on effectue une rotation d'angle - D autour de l'axe Oz des coordonnées X, Y, Z. On a finalement :

$$\begin{aligned} x_f &= X \cos D + (Y - R) \sin D, \\ y_f &= -X \sin D + (Y - R) \cos D, \\ z_f &= Z + z_0 \end{aligned}$$

⁴Par exemple pour trouver ρ, on pose d'abord que ρ = 1. Puis on écrit une boucle qui fait que tant que $\rho q - \rho p \cot an\left(\frac{\rho r}{c}\right) < R$, ρ = ρ - 0,0001.

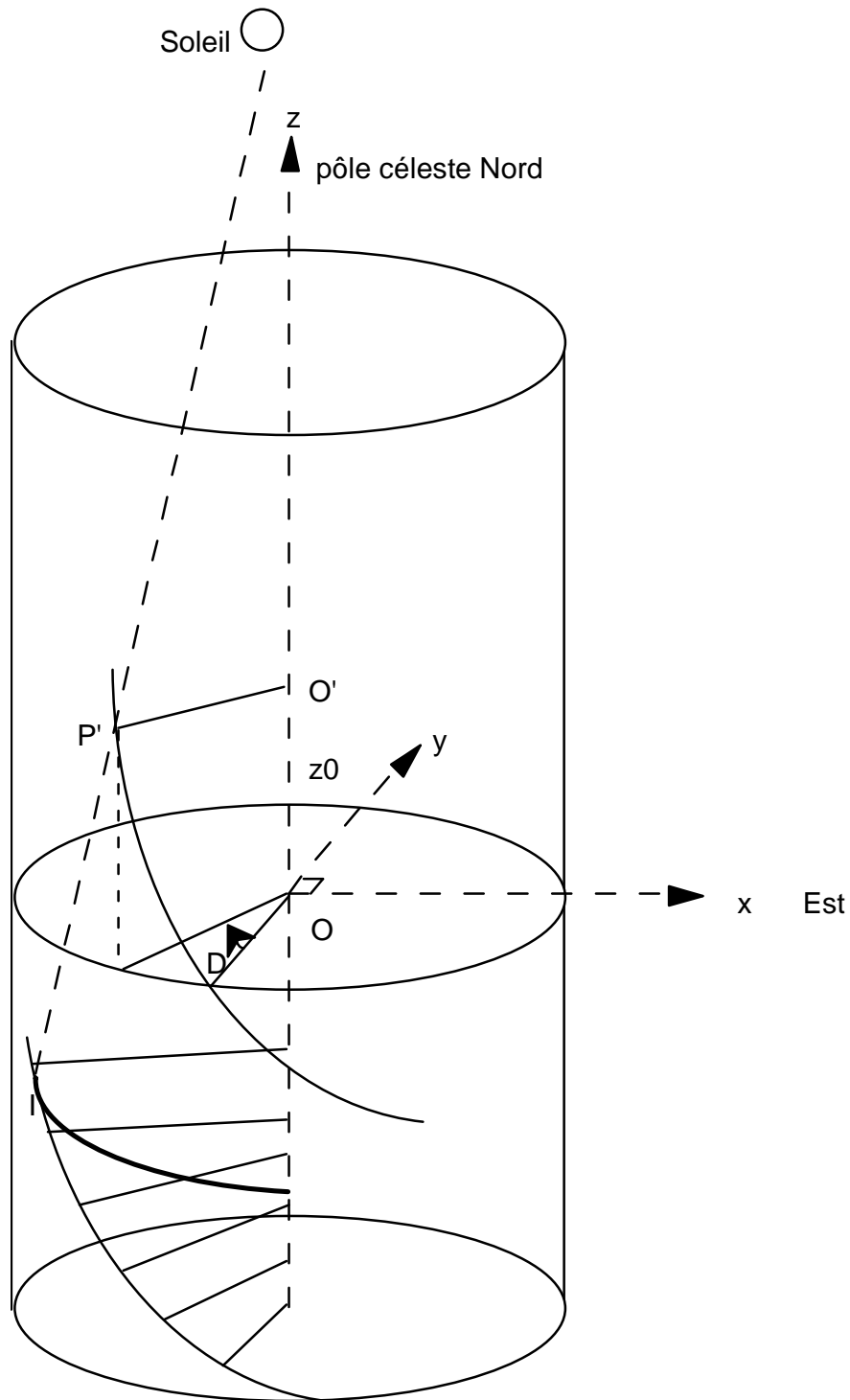


Figure 1 – Sur ce demi-hélicoïde, on a représenté deux branches de l'hélice : on cherche les coordonnées x, y, z du point I, image du point P' situé sur l'hélice supérieure. Celle-ci projette une ombre pure (en gras) sur la surface hélicoïdale du dessous.

Exemple numérique : prenons $R = 3$ et $c = 2$. Calculons pour $H = 0^\circ$ et $\delta = + 23^\circ,4333$ les positions de l'ombre du bord sur l'hélicoïde.

Faisons varier l'angle D de $- 20^\circ + 30^\circ$.

On obtient :

$xf = 1.0261$ $yf = -1.2399$ $zf = -1.3826$ $\rho = -1.7211$ $p = -0.314$ $q = -0.862$ $r = 0.398$ $D = -20^\circ$
 $xf = 0.7765$ $yf = -0.9544$ $zf = -1.3659$ $\rho = -2.1181$ $p = -0.237$ $q = -0.886$ $r = 0.398$ $D = -15^\circ$
 $xf = 0.5209$ $yf = -0.6531$ $zf = -1.3465$ $\rho = -2.5082$ $p = -0.159$ $q = -0.904$ $r = 0.398$ $D = -10^\circ$
 $xf = 0.2615$ $yf = -0.3353$ $zf = -1.3245$ $\rho = -2.8918$ $p = -0.080$ $q = -0.914$ $r = 0.398$ $D = -5^\circ$
 $xf = 0.0000$ $yf = 0.0000$ $zf = -1.3003$ $\rho = -3.2697$ $p = -0.000$ $q = -0.918$ $r = 0.398$ $D = 0^\circ$
 $xf = -0.2615$ $yf = 0.3534$ $zf = -1.2740$ $\rho = -3.6424$ $p = 0.080$ $q = -0.914$ $r = 0.398$ $D = 5^\circ$
 $xf = -0.5209$ $yf = 0.7253$ $zf = -1.2458$ $\rho = -4.0105$ $p = 0.159$ $q = -0.904$ $r = 0.398$ $D = 10^\circ$
 $xf = -0.7765$ $yf = 1.1157$ $zf = -1.2160$ $\rho = -4.3743$ $p = 0.237$ $q = -0.886$ $r = 0.398$ $D = 15^\circ$
 $xf = -1.0261$ $yf = 1.5248$ $zf = -1.1847$ $\rho = -4.7344$ $p = 0.314$ $q = -0.862$ $r = 0.398$ $D = 20^\circ$
 $xf = -1.2679$ $yf = 1.9523$ $zf = -1.1520$ $\rho = -5.0911$ $p = 0.388$ $q = -0.832$ $r = 0.398$ $D = 25^\circ$
 $xf = -1.5000$ $yf = 2.3977$ $zf = -1.1181$ $\rho = -5.4448$ $p = 0.459$ $q = -0.795$ $r = 0.398$ $D = 30^\circ$

Remarques : si l'on veut travailler sur un point de l'hélicoïde $D = 0^\circ$ mais situé "au-dessus" de celui pris comme référence, il faut ajouter 2π à z_f (et soustraire si on travaille sur le point du dessous).

Si ρ est positif, cela signifie qu'aucune ombre du point considéré ne tombe sur l'hélicoïde. De même si $\sqrt{x_f^2 + y_f^2} > R$, le point tombe en dehors de l'hélicoïde.

Posons-nous maintenant la question : peut-on lire l'heure avec l'ombre du bord sur l'hélicoïde ? La façon la plus simple est de regarder si, sur l'axe de l'hélicoïde, l'ombre coupe un point horaire à la même heure quelle que soit la déclinaison. Prenons le point midi solaire ($H = 0^\circ$). A partir des équations précédentes, on doit obtenir le même z_f . En prenant $R = 3$ et $c = 2$ et $D = 0^\circ$, on a :

$$\begin{aligned} \delta = +23^\circ,4333 & \quad z_f = -1,30030 \\ \delta = -23^\circ,4333 & \quad z_f = +1,30030 \end{aligned}$$

Les signes étant opposés, cela signifie que les points ne coïncident pas. On pourrait bien entendu vérifier qu'il en est de même pour les autres coordonnées et pour un autre angle horaire.

Néanmoins, lorsque $\delta = 0^\circ$, on a $r = 0$ et $\rho = 1$, d'où $Z = 0$ et donc $z_f = z_0$, soit $z_f = cD$. Ce résultat sera utilisé dans le cas de l'ombre rasante, car l'ombre pure peut servir à lire l'heure aux équinoxes.

Conclusion : il n'est pas possible de lire l'heure sur l'axe (avec l'ombre pure d'un bord), ni en aucun autre point de la surface toute l'année avec une échelle graduée fixe sur l'axe.

2 – Ombre rasante

On cherche à un instant et à une date donnés les coordonnées de l'ombre rasante, qui résulte de l'éclairement tangentiel de l'hélicoïde par le Soleil⁵. D'un point de vue mathématique, cela revient à chercher l'équation du plan tangent à hélicoïde (figure 2).

⁵Un cadran solaire fonctionne sur le principe de l'ombre rasante : c'est une sphère pleine sur laquelle on a tracé des méridiens tous les 15° . En rendant cette sphère polaire, donc en inclinant son axe de rotation sur le méridien vers le pôle céleste Nord, on constate au Soleil qu'il se forme deux lignes d'ombre rasante qui donnent l'heure solaire.

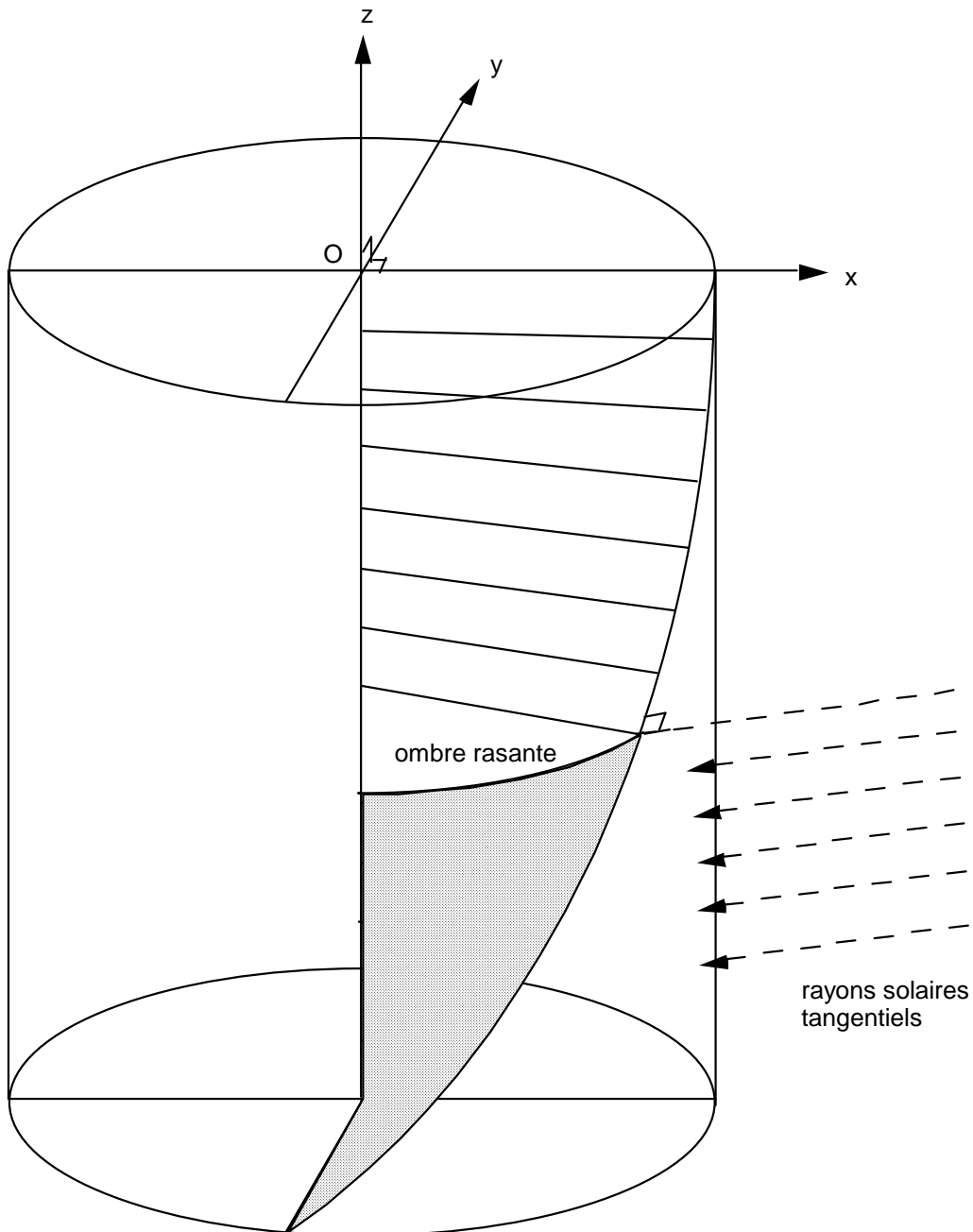


Figure 2 – Sur ce demi-hélicoïde, les rayons solaires arrivent perpendiculairement à la surface (en lumière rasante). La zone pointillée correspond à celle qui est dans l'ombre rasante. La lecture de l'heure se fait sur l'axe Oz (limite ombre-lumière).

On part pour cela de l'équation paramétrique de l'hélicoïde : on dérive par rapport à t , puis par rapport à u : on obtient deux vecteurs qui définissent le plan tangent. On fait ensuite le produit vectoriel de ces deux vecteurs, qui donne les trois coordonnées (X', Y', Z') à la normale de l'hélicoïde au point considéré. On obtient ainsi un vecteur normal \vec{n} . On prendra ici le vecteur unitaire \vec{u}' , qui définit la direction du Soleil, non pas comme précédemment dans un repère "tournant", mais dans un repère fixe lié à O selon les axes définis *supra*. On a successivement :

$$x = u \sin t, \quad y = u \cos t, \quad z = ct$$

$$\vec{u}' \begin{cases} p' = -\cos \delta \sin H \\ q' = -\cos \delta \cos H \\ r' = \sin \delta \end{cases}$$

$$\left(\begin{array}{l} \frac{\partial x}{\partial t} = u \cos t \\ \frac{\partial y}{\partial t} = -u \sin t \\ \frac{\partial z}{\partial t} = c \end{array} \right) \wedge \left(\begin{array}{l} \frac{\partial x}{\partial u} = \sin t \\ \frac{\partial y}{\partial u} = \cos t \\ \frac{\partial z}{\partial u} = 0 \end{array} \right) = \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix}$$

Ce qui donne :

$$\vec{n} \begin{cases} X' = -c \cdot \cos t \\ Y' = c \cdot \sin t \\ Z' = u \end{cases}$$

Ayant les coordonnées, on fait le produit scalaire $\vec{n} \cdot \vec{u}'$: si ce produit est nul, c'est que le vecteur unitaire est perpendiculaire à la normale, donc contenu dans le plan tangent. On a :

$$p'X' + q'Y' + r'Z' = 0$$

On en déduit que $u = -\frac{c \cdot \sin(H-t)}{\tan \delta}$. On obtient ainsi les coordonnées de l'ombre rasante (notées x_r, y_r, z_r) par :

$$x_r = -\frac{c \cdot \sin(H-t)}{\tan \delta} \sin t, \quad y_r = -\frac{c \cdot \sin(H-t)}{\tan \delta} \cos t, \quad z_r = ct$$

Si $\sqrt{x_r^2 + y_r^2} > R$, le point tombe en dehors de l'hélicoïde.

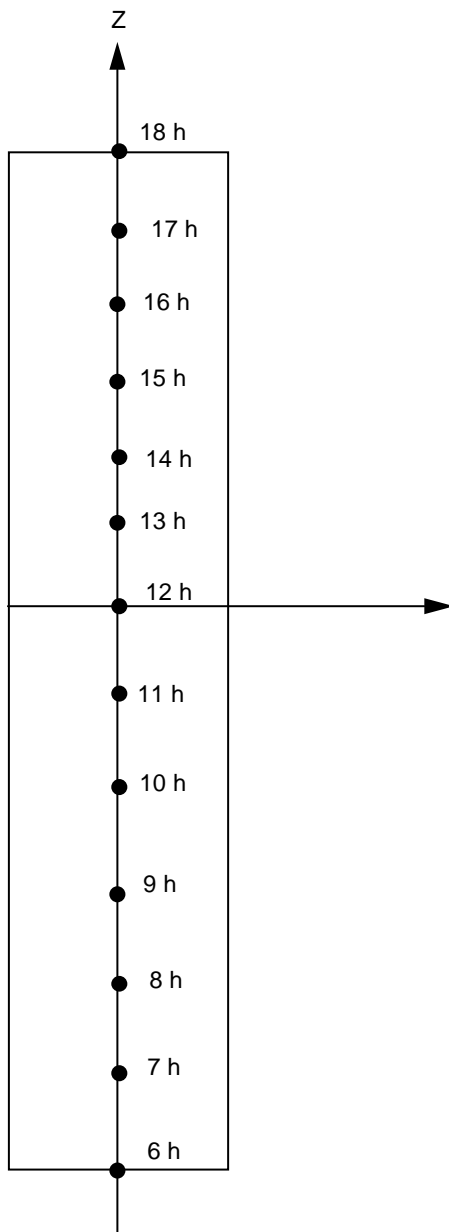
Montrons maintenant que l'ombre rasante peut indiquer l'heure solaire sur l'axe z. Résolvons l'équation $p'X' + q'Y' + r'Z' = 0$ en faisant $u = 0$ (u en nul sur l'axe). On obtient : $\cos \delta \sin H c \cos t - \cos \delta \cos H c \sin t = 0$. Ce qui donne $\tan H = \tan t$. On peut donc écrire que $z_r = cH$ puisque $H = t$. L'ombre rasante coupe un point horaire à la même heure quelle que soit la déclinaison (z_r est indépendant de δ), ce qui permet donc d'affirmer que l'on peut lire l'angle horaire du Soleil sur l'axe de l'hélicoïde.

Aux équinoxes, les coordonnées x_r et y_r deviennent infinies; seule la coordonnées z_r est utile dans le cas. On note également que si $\delta = 0^\circ$, la coordonnées z_r de l'ombre rasante a même valeur que la coordonnée z_f de l'ombre pure. Ce qui signifie qu'aux équinoxes, on peut lire l'heure avec l'ombre rasante et avec l'ombre pure.

Exemple numérique : prenons $R = 3$ et $c = 2$. Calculons pour $H = 30^\circ$ et $\delta = +23^\circ,4333$ les positions de l'ombre rasante sur l'hélicoïde.

$$\begin{aligned} x_r &= 0.515 & y_r &= -2.921 & z_r &= -0.349 & u &= -2.966 & t &= -10.0 \\ x_r &= 0.231 & y_r &= -2.637 & z_r &= -0.175 & u &= -2.647 & t &= -5.0 \end{aligned}$$

xr = -0.000 yr = -2.307 zr = 0.000 u = -2.307 t = 0.0
 xr = -0.170 yr = -1.943 zr = 0.175 u = -1.950 t = 5.0
 xr = -0.274 yr = -1.554 zr = 0.349 u = -1.578 t = 10.0
 xr = -0.309 yr = -1.154 zr = 0.524 u = -1.194 t = 15.0
 xr = -0.274 yr = -0.753 zr = 0.698 u = -0.801 t = 20.0
 xr = -0.170 yr = -0.364 zr = 0.873 u = -0.402 t = 25.0
 xr = -0.000 yr = -0.000 zr = 1.047 u = -0.000 t = 30.0
 xr = 0.231 yr = 0.329 zr = 1.222 u = 0.402 t = 35.0
 xr = 0.515 yr = 0.614 zr = 1.396 u = 0.801 t = 40.0
 xr = 0.844 yr = 0.844 zr = 1.571 u = 1.194 t = 45.0
 xr = 1.209 yr = 1.014 zr = 1.745 u = 1.578 t = 50.0
 xr = 1.597 yr = 1.119 zr = 1.920 u = 1.950 t = 55.0
 xr = 1.998 yr = 1.154 zr = 2.094 u = 2.307 t = 60.0
 xr = 2.399 yr = 1.119 zr = 2.269 u = 2.647 t = 65.0
 xr = 2.787 yr = 1.014 zr = 2.443 u = 2.966 t = 70.0



Afin de limiter au maximum l'ombre de l'hélicoïde sur lui-même, il faut prendre une valeur élevée de la constante de vrillage c et utiliser un hélicoïde long mais très peu large. On notera que l'ombre pure et l'ombre rasante sont sur les faces opposées de l'hélicoïde et qu'il y a inversion de face selon le signe de la déclinaison : la courbe de l'ombre pure est convexe, tandis que la courbe de l'ombre rasante est concave. Une face sert donc six mois du 20 mars au 23 septembre et l'autre du 23 septembre au 20 mars (figures 3 et 4). Aux équinoxes les deux faces indiquent l'heure.

L'heure est indiquée par l'ombre rasante sur l'axe gradué. Celui-ci doit être gradué sur les "deux" faces de l'hélicoïde : la distance entre deux points horaires sur l'axe est égale à $\frac{c\pi}{12}$. L'ombre, qu'elle

soit pure ou rasante, va dans le même sens; de sorte que les points horaires du matin (de 6 h à 12 h) sont situés en-dessous du point 12 h, tandis que les points de l'après-midi (de 12 h à 18 h) sont situés au-dessus du point 12 h. Cette limite à 6 h et 18 h tient au fait qu'on a travaillé ici sur un seul vrillage de l'hélicoïde.

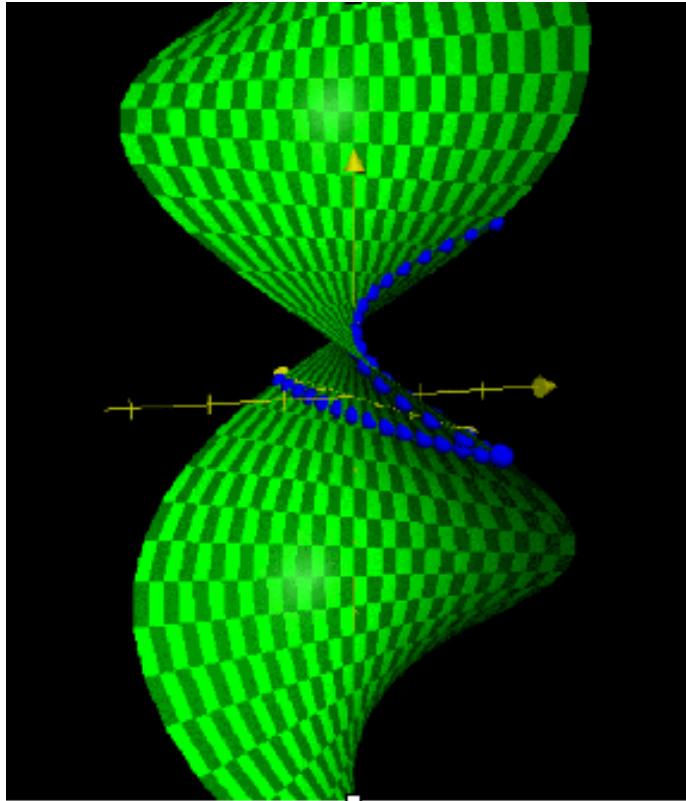


Figure 3 – Hélicoïde ($R = 3$, $c = 2$) où l'on a tracé l'ombre pure et l'ombre rasante pour $H = + 30^\circ$ et $\delta = + 23^\circ,433$. On voit nettement que cette dernière "monte" sur la partie concave tandis que l'ombre pure se profile sur la partie convexe.

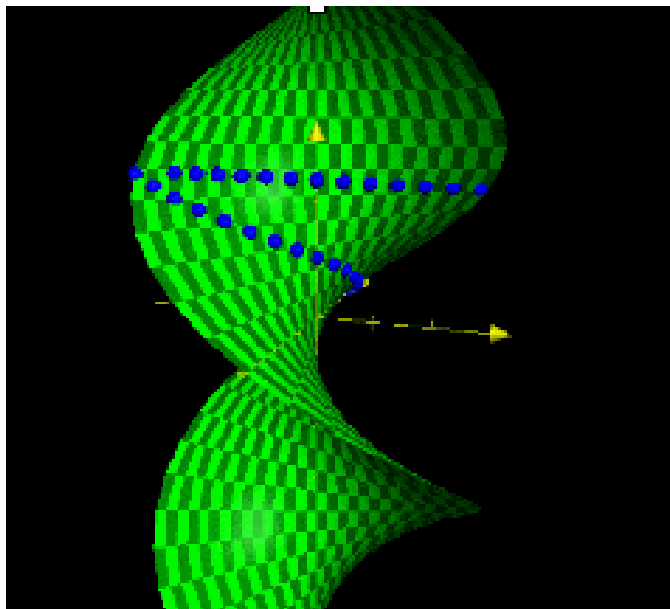


Figure 4 – Même hélicoïde que précédemment, mais les ombres pures et rasantes sont tracées pour $H = + 30^\circ$ et $\delta = - 23^\circ,433$. Bien qu'elles soient visibles simultanément, les ombres appartiennent à des faces différentes de l'hélicoïde.

UN CANONIAL dans le carnet de VILLARD (D. Scheiner)

Un canonial serait-il dissimulé dans le carnet de Villard ?

Un des croquis du carnet de Villard de Honnecourt peut évoquer un cadran canonial renversé. Villard de Honnecourt était un homme du XIII^{ème} siècle dont on ne connaît que le manuscrit; celui-ci contient nombre d'informations relatives aux méthodes de construction et aux observations de chantier. La Picardie de Villard se trouvait exactement au centre du foisonnement intellectuel et artistique de l'époque qui commence à montrer un effort de vulgarisation des techniques.

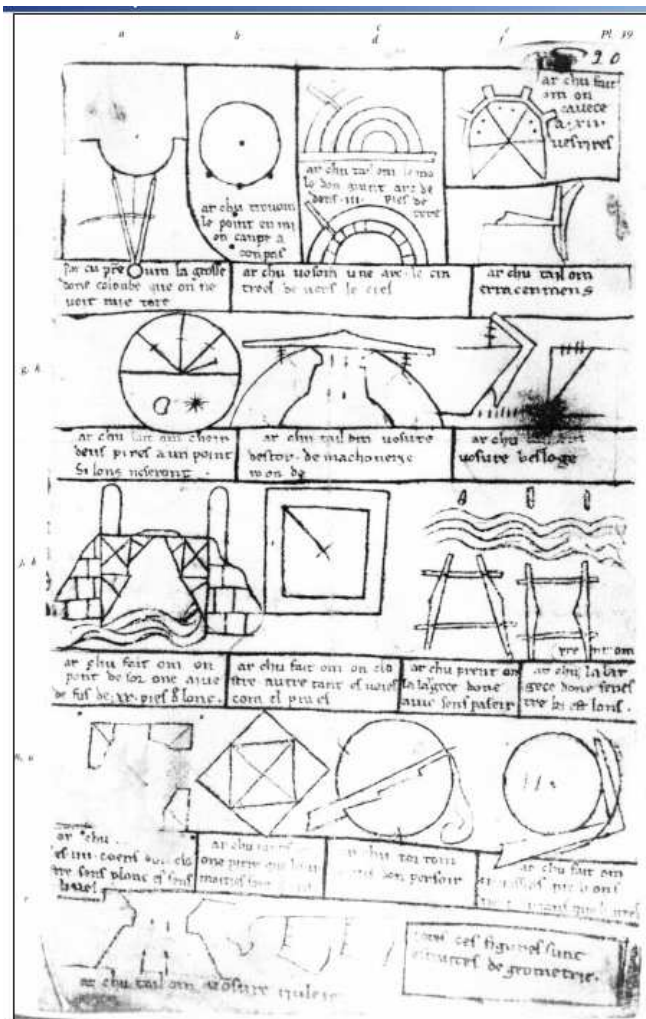


Planche 39g folio 20

La légende du croquis est obscure et ne semble pas lui correspondre; on pourrait la traduire par : "De cette façon fait-on arriver deux pierres à un point si elles ne sont pas éloignées". Il semble que l'auteur de la légende ait été un héritier du carnet de Villard et non Villard lui-même.

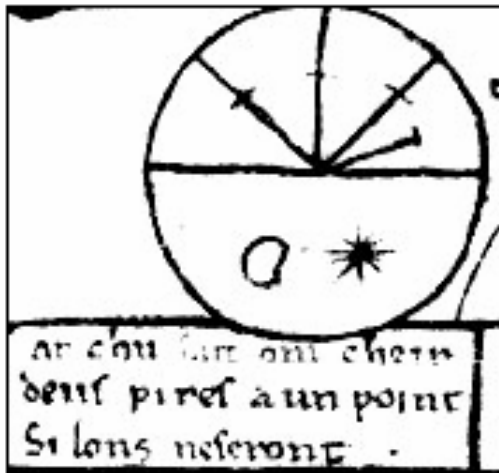
R.Bechmann, ayant lu un texte de Mr et Mme Nicolas mettant en relation le croquis 39g avec les cadrans canoniaux, se demande dans son ouvrage si avant d'être des cadrans

Comme l'écrit Roland Bechmann, auteur du livre "Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIII^{ème} siècle et sa communication", paru chez Picard en 1993, "Près de la moitié de ses dessins ont disparu, d'autres ont été modifiés, effacés, grattés, accompagnés de légendes parfois inexactes ou dont on ne comprend pas le sens, par des successeurs entre les mains desquels ces feuillets ont passé".

Le croquis en question est celui de la planche 39g du folio 20, page consacrée à des opérations pratiques de géométrie et de construction. On y voit un cercle coupé par un diamètre horizontal ; la moitié supérieure est divisée en 4 secteurs par 3 rayons barrés. Un demi rayon supplémentaire, un peu boursoufflé à son extrémité, divise partiellement le secteur le plus à droite. Dans la moitié inférieure du cercle, se trouvent une sorte d'étoile ainsi qu'une sorte de vieille lune.

Ce croquis alimente chez R.Bechmann 7 pages de commentaires et d'interrogations sous l'intitulé "L'énigme du cercle" p.162.

canoniaux placés dans le mur des églises, ils n'avaient pas été scellés dans le sol pour servir de balise, de théodolite, le demi-rayon étant alors la tige de fer, verticale, rabattue sur le dessin, à partir de laquelle une corde pouvait être tendue.



Détail du canonial? de la Planche 39g folio 20

R.Bechmann imagine aussi la possibilité que la pierre ait été placée au centre de l'abside pendant sa construction pour se caler sur la méthode de la perche employée pour les petites coupes ; "La légende pourrait signifier qu'on peut placer 2 pierres à partir d'un point si la distance n'est pas trop longue (compatible avec la dimension d'une perche)"; de là à penser que les canoniaux ne se voient, en réemploi, que sur les églises à absides pour cette raison même est exagérée.

Par rapport aux deux petits dessins de la moitié inférieure, qu'on ne retrouve sur aucun canonial connu, R.Bechmann m'écrivit : "Il n'y a aucune raison de penser que Villard a vu ça

quelque part. Il rajoute sur ses dessins ce que bon lui semble et qui peut l'aider à mémoriser ce dont il veut se rappeler".

Néanmoins, R.Bechmann penche, comme le suggère l'obscur légende, pour l'usage de pierre-balise scellée au sol, en début de chantier pour fixer les points cardinaux et donner les axes principaux aux exécutants. Cela paraît plus conforme à l'esprit des croquis du folio 20. Dans cette hypothèse, on ne comprend pas cependant pourquoi les 3 rayons sont croisés par une petite barre (sauf repères mnémotechniques de Villard) comme on peut le voir sur certains canoniaux pour les petites Heures.

L'idée que tout canonial ait pu être une balise de chantier ne tient pas quand on voit la maladresse de certaines lignes tracées à main levée et leur inexistence sur les édifices civils; pour cette dernière raison, l'idée de cadran de chantier n'est pas non plus validée.

Villard de Honnecourt n'a peut-être pas écrit la légende et son auteur n'a peut-être pas compris le croquis. Toutes les supputations sont possibles.

Erratum "Colonne d'Uranie" dans Cadran-Info N° 11 de mai 2005:

L'auteur de l'article sur la Colonne d'Uranie prie ses lecteurs de bien vouloir l'excuser pour une malencontreuse erreur qu'il a écrite en comparant les prix et salaires dans la deuxième moitié du XVIIIème siècle. L'échelle monétaire, en France, se présente ainsi :

° Cuivre : 1 liard = 3 deniers tournois (disparu ; monnaie de compte); ½ sol = 6 deniers tournois; 1 sol = 12 deniers tournois

° Argent : 1/20 écu = 6 sols = 72 deniers; 1/10 écu = 12 sols = 144 deniers; 1/5 écu = 24 sols = 288 deniers = 6/5 livre tournoi, ou 1,20 livre tournoi, donc 1 livre tournoi = 240 deniers; ½ écu = 3 livres; 1 écu = 6 livres

° Or : ½ louis = 12 livres; 1 louis = 24 livres; 1 double louis = 48 livres

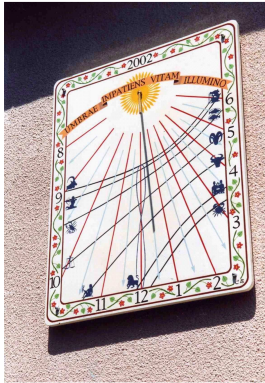
Donc, l'ouvrier non qualifié gagne par mois environ 500 sols, soit 4 ou 5 écus, ou 24 à 30 livres. Terrier, avec les 240 livres de sa courbe, gagne 8 à 10 fois le salaire mensuel d'un ouvrier.

P. Gagnaire

Faite-les vous-mêmes (J. Theudebert)

Cadran solaire en contre-plaqué marine (0,80 x 1,00 m)

Réalisé à Ambilly (74), il est peint de deux couches de lasure puis de trois couches de laque blanche de bonne qualité (Tollens) avec un léger ponçage entre chaque couche. Les lignes, les chiffres, les lettres et les cadres sont également peints à la laque. Pour ce qui est de la réalisation des lignes, il a été utilisé du ruban adhésif, genre isolant pour électricien. Très souple, donc permettant de faire des courbes, il a été disposé de part et d'autre de la ligne du tracé. Les cadres ont été faits de la même manière. Il faut enlever les rubans adhésifs dès que la peinture a été appliquée, car une fois sèche, elle risque d'être arrachée.



Le style et sa jambe de force sont en rond de laiton de 8 mm de diamètre. Filetées à leur base, ces deux éléments sont fixés par deux écrous de part et d'autre de l'épaisseur du cadran.

La devise et les signes du zodiaque ont été réalisés sur ordinateur et décalqués sur la table avant peinture. Une fois le cadran terminé, trois couches de vernis incolore de qualité "extérieur" ont été appliquées avec ponçage entre les couches.

VARIANTE: Sur le cadran (0,80 x 1,00 m) de ma maison de Sèvres, le soleil est découpé dans une feuille de laiton puis cloué. Les signes du zodiaque sont peints sur des carrés de laiton dépolis avant peinture et fixés sur la table avec des clous en laiton.



Cadran en laiton (0,80 x 0,80 m)

Sur mon ancienne maison de Sèvres, ce cadran est peint sur une feuille de laiton de 1 mm d'épaisseur dont les bords ont été rabattus comme ci-dessous afin de donner de la raideur à l'ensemble:



Poncer le laiton avec un abrasif à gros grain (grain de 40), puis appliquer une couche de peinture "spécial accrochage". Ce cadran a été peint comme les précédents mais sans la lasure.

Le style et le Soleil sont en laiton.

Cadran solaire horizontal (0,80 x 0,80 m)

Ce cadran placé dans un jardin de Serres-s-Arget (09) est en mortier de ciment blanc et armé dans l'épaisseur. Pour sa fabrication, j'ai utilisé une plaque de mélaminé blanc de 18 mm d'épaisseur où le cadran a été dessiné à l'envers.



Pour les lignes et les cadres, j'ai collé de fines baguettes légèrement rabotées pour leur donner de la dépouille afin de faciliter le démoulage.

Le cadran fait 6 cm d'épaisseur et les côtés du moule sont aussi en mélaminé de 18 mm et vissés sur le plateau. L'emploi de ce matériau permet d'obtenir un bel état de surface au démoulage, à condition de bien tasser et vibrer le béton afin d'en chasser les bulles d'air. Les lettres et les chiffres sont en liège du commerce. Le soleil est lui-même découpé dans une plaque de liège.

Ces éléments seront détruits au démoulage. Pour faciliter ce démoulage avant de couler le mortier, on a pulvérisé sur l'ensemble du silicone à l'aide d'une bombe.

Pour terminer, tous les creux sont peints à la peinture dorée. Le style triangulaire est découpé dans du laiton de 2 mm d'épaisseur et ajouré d'une croix catalane.

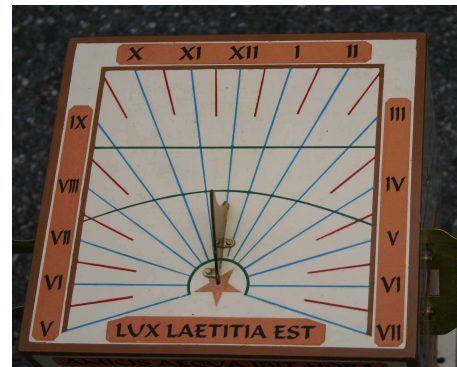
Cadran cubique

Ce cadran d'intérieur de 30 cm de côté est en contre-plaqué de 10 mm d'épaisseur. Il repose sur un socle comportant un niveau et une boussole pour le mettre d'aplomb et l'orienter.

Il comporte cinq cadrans: sur le dessus un cadran horizontal et sur chacune des faces latérales, un cadran méridional, un septentrional qui ne voit le soleil que peu d'heures en été, un oriental et un occidental.

Les chiffres, les inscriptions et le blason de Sèvres ont été réalisés à l'ordinateur sur du carton et collés avant le vernissage final. Les tracés et la décoration ont été réalisés comme pour les cadrans précédents avec de la peinture laquée.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'auteur: charles.bruckmann@wanadoo.fr
Charles Bruckmann – 30, Pont-Noir – 74100 AMBILLY – tél. 0450 37 54 45



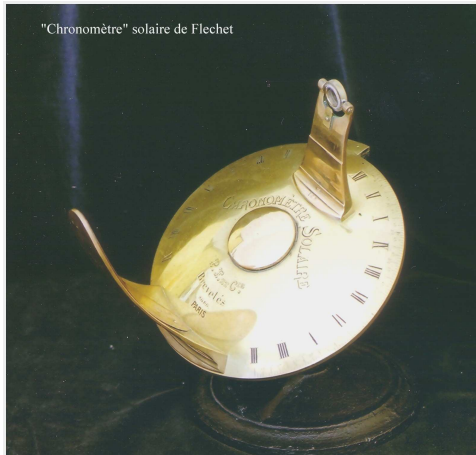
A TOUS NOS MEMBRES : Le responsable de cette rubrique, Joseph Theubet** attend que vous lui envoyiez à votre tour un texte, si possible avec photo(s), sur la réalisation technique de votre ou de vos cadrans. Avec votre permission, il sera publié dans Cad-Info et fera partie d'un ensemble de « recettes » susceptible d'être publié, ne serait-ce qu'en réseau interne.

Ainsi votre expérience servira à chacun de nous. Merci d'avance.

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

Temps du chemin de fer (J. Vialle)

Dans la littérature gnomonique on trouve parfois l'affirmation (à vrai dire très controversée) que certains réseaux ferroviaires auraient utilisé jusque vers 1900 des cadrans solaires pour régler les horloges des gares. Or si on trouve occasionnellement sur le marché des antiquaires des cadrans dits "héliochronomètres" (ci-dessous) supposés donner une heure précise à la minute près et qu'on prétend avoir été utilisés sur certains réseaux français, on n'a apparemment aucune preuve directe qu'ils aient été effectivement en usage pour recaler les horloges des gares. Les quelques ouvrages de gnomonique qui en parlent se contentent de mentionner brièvement cet usage sans citer aucune source¹.



Exemple de prétendu "cadran solaire de gare" :
l'héliochronomètre de Fléchet (coll. pers.)

Tout cela laisse à penser que l'affirmation selon laquelle il aurait existé des cadrans solaires "ferroviaires" pourrait en fait procéder d'un oui-dire qui se serait propagé de publication en publication. En fait, la preuve éventuelle de l'existence de tels cadrans ne se trouve probablement pas dans les ouvrages de gnomonique mais plutôt quelque part dans un manuel traitant de l'exploitation des chemins de fer et du service des gares. L'étude qui suit ne se propose pas de régler définitivement la question mais plutôt de rappeler quelques évidences sur le problème de la synchronisation des horloges des réseaux ferroviaires pour finalement suggérer une origine possible de ce qui paraît bien être une légende.

Sur une ligne de chemin de fer et *a fortiori* sur l'ensemble d'un réseau, la régularité et la sécurité des circulations repose évidemment sur la synchronisation des horloges des gares encore que le respect absolu du règlement et un contrôle rigoureux de l'espacement des convois jouent un rôle au moins aussi important que le respect de l'horaire. Le problème est double : d'une part, les exploitants doivent décider sur quelle échelle de référence ils doivent caler les horloges (fixer "l'heure du chemin de fer", si on préfère) et d'autre part, assurer la diffusion instantanée de ce temps de façon fiable. À première vue, un cadran solaire (ou mieux une méridienne) paraît résoudre le problème de la diffusion puisque chacun peut facilement constater midi chaque jour de beau temps et recaler une horloge en conséquence. En revanche, ce cadran solaire ne délivre qu'un temps vrai local qui avance ou retarde sur le temps uniforme des horloges selon la saison et la position de l'observateur en longitude. Cette différence variable entre le temps vrai donné par le Soleil et le temps uniforme des horloges rend donc le cadran solaire peu apte à la synchronisation des horloges, sauf à appliquer une série de corrections à ses indications.

On peut toutefois objecter qu'aux premiers temps du chemin de fer les compagnies exploitantes auraient pu négliger la correction de longitude, l'équation du temps pour un jour donné étant par ailleurs constante pour tous les cadrans situés sur la ligne. Cette simplification aurait été possible dans la mesure où les distances parcourues, donc les différences en

¹ En particulier, René R.J. Rohr : *Les cadrans solaires*, 1963, rééd. Oberlin, 1986, p.28 (mention reprise dans sa traduction américaine : *Sundials, History, Theory and Practice*, 1996, Dover Publications, Inc..) et également Mayall & Mayall : *Sundials*, 1938 et rééd.1973, p. 23.

longitude, restèrent assez faibles jusque vers 1850. En France, par exemple, une des premières lignes ouvertes fut Lyon-Saint Étienne-Roanne *via* Montbrison (1837) puis en 1846 Paris-Tours *via* Orléans, Paris-Rouen, Paris-Lille, Strasbourg-Bâle et Thann *via* Mulhouse et La Grand Combe-Montpellier. L'écart dû à la différence de longitude entre les terminus était de l'ordre de 3 minutes de temps entre Paris et Lille, de 4 minutes entre Lyon et Roanne, de 5 minutes entre Paris et Rouen, d'à peu près 6,5 minutes entre Paris et Tours et elle pouvait être considérée comme négligeable pour les lignes à tracé nord-sud comme par exemple la liaison Strasbourg-Thann (une quarantaine de secondes). En supposant que les horloges de ces gares aient été réglées sur des méridiennes, les différences entre terminus étaient donc du même ordre de grandeur que les irrégularités dans la marche des trains, voire inférieures. Dans ces conditions, les compagnies exploitantes auraient alors très bien pu s'accommoder sans inconvénient majeur du temps vrai des cadrans solaires, d'autant plus que le nombre peu important des circulations et des règlements de sécurité stricts (concernant l'espacement des convois et leur circulation sur voie unique, par exemple) autorisaient les exploitants à tolérer une synchronisation approximative à quelques minutes près.

En fait, avec l'accroissement du trafic, le développement des réseaux et leur interconnection de plus en plus poussée², il devint impératif d'adopter un temps moyen uniforme valable d'abord sur l'ensemble d'un réseau puis sur la totalité d'un territoire³. Or une éventuelle conversion du temps vrai donné par le Soleil en un temps moyen uniforme n'est pas immédiate et elle risquait d'entraîner des erreurs de la part d'employés peu au courant des arcanes de la gnomonique. Parmi les nombreuses causes d'erreur, on peut noter entre autres les erreurs systématiques dues à une mauvaise mise en station du cadran ou au dérangement accidentel de son orientation et des erreurs accidentelles dues par exemple à une mauvaise lecture du vernier⁴ ou des tables de correction ou encore à une correction appliquée dans le mauvais sens, sans mentionner d'éventuelles erreurs arithmétiques dues au fait qu'on opérait sur des nombres sexagésimaux. Il découle de tout cela que les cadrans solaires furent, dès le début des chemins de fer, des instruments mal adaptés aux besoins des compagnies ferroviaires.

L'usage d'un temps moyen (donné par des horloges périodiquement recalées) date de bien avant l'apparition des chemins de fer puisqu'il fut de règle à Genève dès 1780, à Londres dès 1792, à Berlin à partir de 1810 et à Paris à partir de 1816. Ce temps moyen local était fixé par les observatoires situés dans ces villes et pour synchroniser les horloges de ces villes, il suffisait de transporter l'heure grâce à un chronomètre calé sur l'horloge de l'observatoire⁵. Or les premières lignes de chemin de fer françaises eurent pour terminus des villes comme Paris,

² Par exemple, les lignes allemandes et autrichiennes furent reliées aux réseaux français et belges dès 1848, ce qui rendait ainsi théoriquement possible la liaison par rail entre Stettin (Poméranie) et Tours.

³ La première étape fut l'adoption d'un "temps moyen de réseau" qui eut lieu à des dates différentes selon les réseaux et selon les pays. Le temps moyen "uniformisé" des fuseaux horaires ne fut adopté que sur la fin du XIX^e siècle. Ainsi, lorsque la liaison Paris-Constantinople fut inaugurée en 1883, un voyageur devait changer 12 fois sa montre. Il n'eut plus à le faire que 2 fois seulement après l'adoption des fuseaux horaires).

⁴ Si les cadrans solaires "ferroviaires" donnaient effectivement l'heure à la minute près (comme le prétendaient les constructeurs), seul un vernier pouvait assurer une telle précision.

⁵ Le transport de l'heure se pratiquait bien avant l'ère des chemins de fer. Ainsi, en 1836, un employé de l'observatoire de Greenwich rendait régulièrement visite aux principaux horlogers de Londres pour ajuster leurs montres et pendules sur le temps moyen de Greenwich.

Lyon, Marseille ou Strasbourg qui étaient aussi des sièges d'observatoires. Le problème pour les compagnies ferroviaires n'était donc pas tant la connaissance d'un temps moyen uniforme servant de référence que la diffusion de ce temps à l'ensemble du réseau pour en synchroniser les horloges. On peut alors supposer que dès la création des lignes on transportait périodiquement un ou plusieurs chronomètres entre l'observatoire et une horloge-mère⁶ située au terminus et ensuite un chronomètre-régulateur de gare en gare pour synchroniser les horloges du réseau.

D'autre part, l'apparition du télégraphe électrique permit très vite la diffusion de signaux horaires grâce auxquels on pouvait synchroniser une ou plusieurs horloges-mères. Les premiers télégraphes apparurent presque en même temps que les chemins de fer : le télégraphe à aiguilles d'Ampère commença à fonctionner dès 1838 et une liaison télégraphique exista dès 1840 entre Londres et le Nord-ouest de l'Angleterre. Les compagnies ferroviaires ne tardèrent pas à profiter des avantages de ce qu'on appelait alors la "communication galvanique". Ainsi, en février 1852, une ligne télégraphique fut installée entre l'observatoire de Greenwich et la gare de Lewisham dans la banlieue sud de Londres et en août de la même année, cet observatoire transmettait régulièrement des signaux horaires à la gare terminus de London Bridge qui les répercutait sur les différentes gares du réseau. Télégraphe et chemins de fer se développèrent donc de pair en Europe si bien que vers 1864 tous les chemins de fer possédaient leur ligne télégraphique⁷. Cependant, même si la synchronisation des horloges des gares par signaux télégraphiques (et plus tard téléphoniques) était couramment utilisée, certains réseaux continuèrent à pratiquer le transport des chronomètres.

Reste le cas des chemins de fer départementaux, éloignés des observatoires et des grandes cités. Selon certaines hypothèses, ces "chemins de fer économiques" auraient pu avoir recours à des "chronomètres solaires de gare" pour réguler leurs circulations. En fait, le développement de ces lignes d'intérêt local remonte à la III^e République alors que la plupart des préfectures, sous-préfectures et autres chefs-lieux étaient reliés par télégraphe et pouvaient ainsi recevoir des signaux horaires. C'est aussi sous la III^e République qu'un peu partout en France, de nombreuses églises et bâtiments publics furent dotés d'horloges d'édifices (qui faisaient parfois double emploi avec un cadran solaire!). Aucune raison technique ne justifiait donc le recours à des cadrans solaires répondant mal aux besoins des compagnies ferroviaires. Il paraît dès lors avéré que le "temps du chemin de fer" a toujours été réglé par des horloges mécaniques.

Toutefois, il n'en allait pas de même pour le public jusqu'à une époque assez tardive du XIX^e siècle. D'une part, la population rurale n'avait pas en général un accès direct à l'heure "officielle" sauf à habiter à proximité d'une gare⁸. D'autre part, même en ville, on préférait se fier à un temps perçu comme "naturel". D'ailleurs, quand l'occasion s'en présentait, on ne

⁶ En France, par exemple, les horloges du réseau de l'Est continuaient à être périodiquement synchronisées au siècle dernier par des chronomètres réglés à Besançon et transportés dans un wagon spécialement aménagé.

⁷ Th. du Moncel : *Traité théorique et pratique de télégraphie électrique*, Gauthier-Villars, 1864.

⁸ En France, les horloges publiques n'existaient que dans les villes d'une certaine importance et encore ne donnaient-elles un temps moyen (celui de Paris) qu'à partir de 1891. Les horloges des gares restaient donc les seules sources délivrant un temps moyen uniforme.

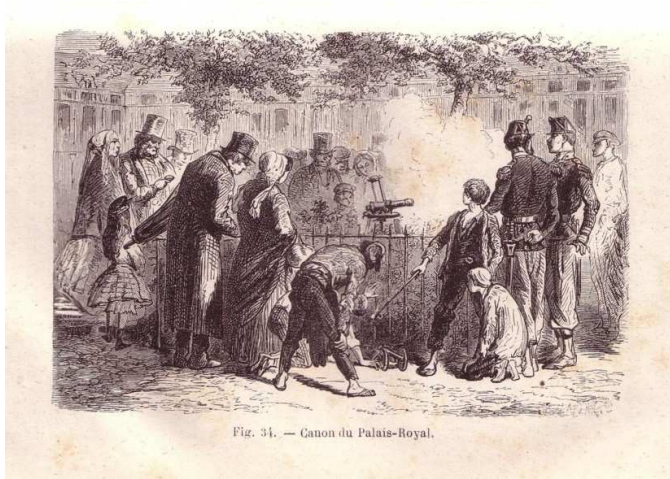


Fig. 34. — Canon du Palais-Royal.

Le rituel du “réglage” des montres au Palais Royal sous le Second Empire. (F.Marion : *L'optique*, 1869)

dédaignait pas d'ajuster périodiquement sa montre sur le Soleil : ainsi, vers 1860, quelques Parisiens avaient coutume de régler leurs montres sur le célèbre canon méridien du Palais-Royal⁹ (voir ci-contre). Dans l'ensemble, rares étaient les villes de France qui ne disposaient pas d'un cadran solaire sur lequel on pouvait périodiquement recalibrer sa montre : en Alsace, par exemple, de nombreux villages étaient dotés de méridiennes (ainsi, les méridiennes produites en série vers 1870 par le constructeur U. Adam).

Certains cadrans solaires — rares, il est vrai — étaient même conçus de façon à donner le temps “du chemin de fer”¹⁰. En définitive, le public ne faisait guère la différence entre temps solaire et temps moyen, préférant accuser les horlogers qui fabriquaient des montres perpétuellement en avance ou en retard ! Dans ces conditions, il était normal que certains, peu au fait de ces questions, aient pu croire que les compagnies ferroviaires se servaient de cadrans solaires pour régler leurs horloges.

Il existe cependant au moins un exemple de l'association entre “temps du chemin de fer” et temps vrai du Soleil et qui est peut-être une des origines de la légende des “cadrans solaires de gare”. En effet, lorsqu'en 1836 le roi Léopold I^{er} de Belgique imposa l'usage du temps moyen sur l'ensemble du royaume, il fit installer des méridiennes dans les principales villes du pays pour contrôler la marche des horloges. Sous la direction de Quételet (1796-1874), des méridiennes furent donc installées à Anvers, à Bruges, à Gand, à Liège et à Ostende, entre autres¹¹. À Malines, faute d'un bâtiment convenable, la méridienne dut être installée dans la gare (incidemment, la ligne de chemin de fer Bruxelles-Malines fut aussi ouverte en 1836) et il n'est pas impossible qu'avant l'installation d'une liaison télégraphique avec Bruxelles (Uccle), cette méridienne ait pu servir à régler l'horloge-mère de la gare (ce qui incidemment ne dispensait pas de transporter un chronomètre vers les différentes gares du réseau).

En définitive, si leur utilisation pour régler les horloges des chemins de fer peut à première vue paraître une solution naturelle et fiable — en tout cas non dénuée d'une certaine

⁹ Cf. Fulgence Marion (pseudonyme de Flammarion) : *L'optique*. Bibliothèque des merveilles, p.153.

¹⁰ Par exemple, la fameuse “horloge solaire à temps moyen” d'Ernest et Sylvain Bollée au Mans donnait aussi l'heure “de Paris et des chemins de fer français” moyennant une correction annuelle journalière. Voir les articles de Ferreira et Deciron in *L'Astronomie*, 118, octobre 2004, et Ferreira, *ibid.*, 118, novembre-décembre 2004 et 119, janvier 2005.

¹¹ Aucune de ces méridiennes ne figure dans le catalogue des cadrans solaires étrangers de la Commission (éd. 2004) et il serait intéressant de savoir ce qu'elle sont devenues. Plusieurs communications sur les méridiennes de Quételet ont été publiées dans la revue *Ciel et Terre* en 1995 et 1996. Sur la méridienne de Malines en particulier, cf. Henri Van Boxmeer : “Poussières d'archives... Des méridiennes de Quételet : Malines” in *Ciel et Terre*, 111 (1995), n°1, p.22.

poésie —, il ne reste pas moins que les cadrans solaires étaient déjà devenus des garde-temps obsolètes et peu pratiques lorsque les premières lignes de chemin de fer apparurent. L'industrie horlogère produisait déjà des horloges fiables qu'il suffisait de recalibrer périodiquement par le transport d'un chronomètre et de plus, l'apparition simultanée du télégraphe électrique rendit définitivement inutiles les prétendus "cadrans solaires ferroviaires". On eut certes occasionnellement recours à des horloges solaires (témoins les méridiennes de Quételet) mais c'était afin de contrôler la marche d'horloges *publiques* (et non pour le seul usage des chemins de fer) et de toute manière, cela se passait avant l'apparition du télégraphe. Enfin, il est troublant de constater que les manuels d'exploitation des chemins de fer du XIX^e siècle ne traitent jamais du réglage des horloges à partir des indications d'un cadran solaire¹², ce qui suggère que le nécessaire contrôle de celles-ci par le transport d'un chronomètre réglé sur le garde-temps d'un observatoire était une solution évidente (et couramment appliquée). Elle avait de plus l'avantage de dispenser le personnel des gares des calculs qu'aurait entraînés une conversion du temps solaire local en temps moyen "officiel". On peut donc ranger sans trop de remords les prétendus "cadrans solaires ferroviaires" au rayon des légendes...

¹² En revanche, cette question est traitée dans les ouvrages d'horlogerie et de gnomonique, mais ceux-ci ne semblent pas avoir fait partie de la documentation des agents des gares...

Cadran de Louis Chomard



Deux photos des débris du cadran de Louis Chomard, prises par P. Gagnaire en 1985, au Stade de l'Etivallière à

Saint-Etienne où les restes du cadran avaient été déversés.

CADRAN SUR PARABOLOÏDE (M. Vercasson)

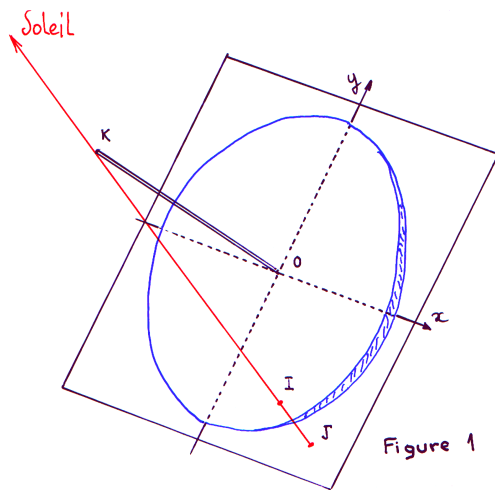
Ce problème m'a été soumis en mai 2004 par Denis Savoie à la suite d'une demande de M. Theubet. La solution recherchée devait pouvoir s'appliquer au tracé d'un cadran sur une antenne de réception de télévision par satellite que l'on appelle ordinairement "parabole".

Le problème général était facilité en supposant que le point portant ombre (en général l'extrémité du style polaire) était sur l'axe du paraboloïde ou, ce qui revient au même, que le style droit était confondu avec cet axe. Par ailleurs, l'orientation du cadran n'étant pas précisée, j'ai supposé que le problème devait être résolu quelle que soit l'orientation imposée pour la réception correcte de la télévision.

En principe, le tracé peut s'effectuer en deux temps:

- Tracé du cadran sur le plan tangent au sommet du paraboloïde. Il s'agit d'un tracé classique qui ne sera pas développé ici.
- Transposition du tracé sur le paraboloïde.

Tracé sur le plan tangent au sommet



Le tracé de la figure 1, peut être fait à l'aide de mon logiciel personnel sur HP 33S ou HP 42S qui accepte tous les types de cadrans plans quelle qu'en soit l'orientation¹.

Pour un cadran gradué en temps solaire local, il faut introduire les données suivantes:

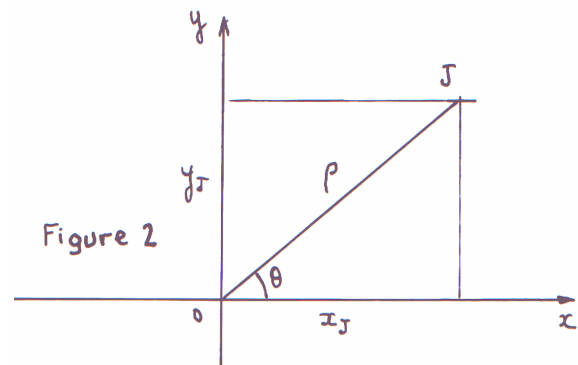
- Latitude du lieu d'implantation
- Distance zénithale et azimut du style droit
- Longueur du style droit
- Déclinaison du soleil
- Heure

Pour chaque couple heure-déclinaison, le programme calcule les coordonnées du point J, ombre du point K sous forme cartésienne et polaire, suivant

la représentation figure 2.

- Le point O est le pied du style droit.
- L'axe Oy est la ligne de plus grande pente ascendante.
- L'axe Ox est horizontal.

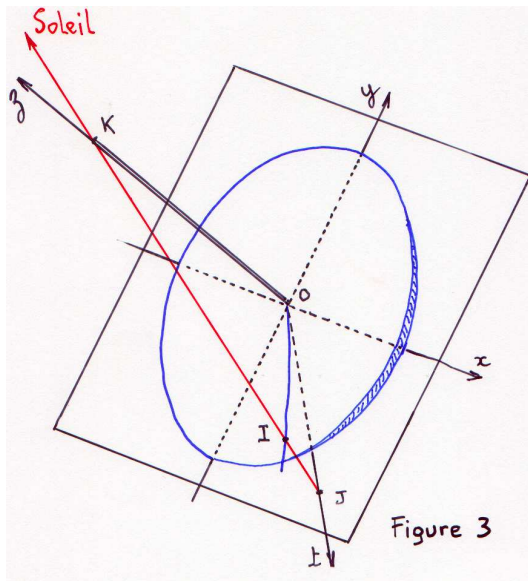
Bien que les lignes horaires soient des droites, il faut prendre la précaution de calculer de nombreux points car elles deviendront des courbes après transposition sur le paraboloïde.



Le pied du style polaire s'obtient comme un point quelconque en introduisant une déclinaison égale à -90° .

¹ Les logiciels Solarium et Shadows répondent également au besoin.

Transposition sur le parabolôide



Sur la figure 3, le plan zOt défini par l'axe OK et le rayon solaire KJ coupe le parabolôide suivant sa parabole génératrice.

Dans le plan zOt le point I transposé du point J se trouve à l'intersection de la droite KJ avec cette parabole. (fig 3)

Le paramètre de la parabole se calcule aisément si l'on peut mesurer le rayon de bord b et la profondeur de l'antenne a (figure 4):

$$p = b^2/2a \text{ (fig 4)}$$

Calcul des coordonnées du point I

° Equation de la parabole:

$$t^2 = 2pz$$

° Equation de la droite KJ :

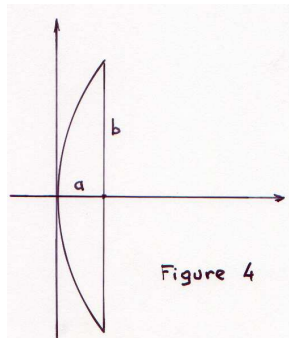
$$\rho - t = z (\rho / h)$$

t_1 est la racine positive de l'équation du 2^{ème} degré:

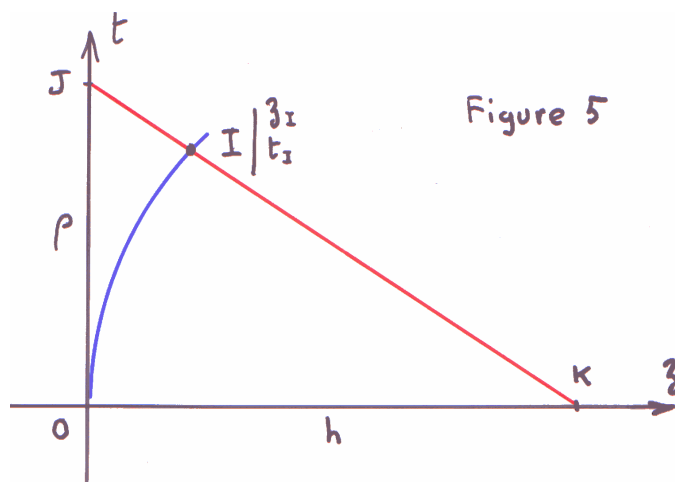
$$t^2 + (2pht/\rho) - 2ph = 0$$

$$z_1 = t_1^2/2p \quad OI = \sqrt{(z_1^2 + t_1^2)}$$

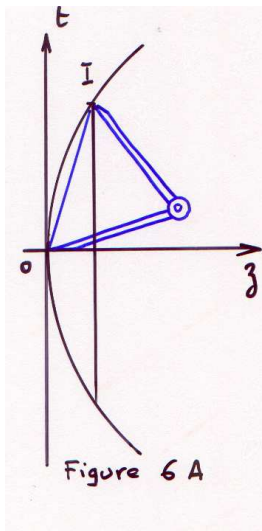
Pour éviter tout calcul, il est possible d'opérer graphiquement sur la figure 5 tracée de préférence à l'échelle 1 pour mesurer z_1 , t_1 , OI



Pour tracer le point I sur le parabolôide, deux méthodes peuvent être imaginées.



Méthode 1



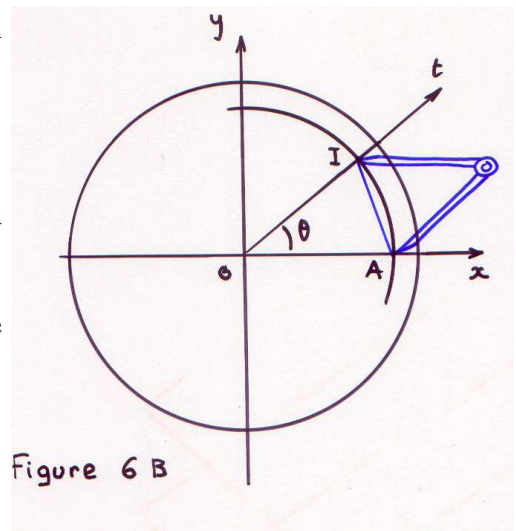
Tracer sur la "parabole" un cercle de centre O et de rayon:

$$OI = \sqrt{(z_I^2 + t_I^2)}, \text{ (figure 6A).}$$

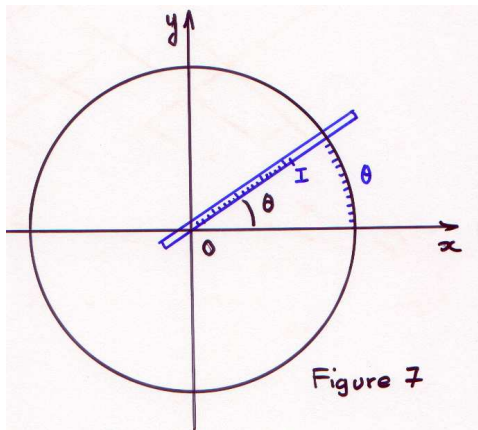
Ce cercle est un parallèle du parabolôïde.

Tracer à l'aide d'un compas le point I tel que:

$$AI = 2 t_I \sin(\theta/2), \text{ (figure 6 B).}$$



Méthode 2



Calculer la longueur de l'arc de parabole OI.
Equation de la parabole:

$$t^2 = 2 pz$$

$$2t dt = 2p dz$$

$$dz = t dt / p$$

$$dS^2 = dz^2 + dt^2 = (1 + t^2/p^2) dt^2$$

$$\text{arc OI} = \int_{de 0 \text{ à } t_I} dS = \int_{de 0 \text{ à } t_I} \sqrt{1 + (t^2/p^2)} dt$$

Positionner un régllet souple à l'aide d'un rapporteur et tracer le point I à l'abscisse curviligne OI, calculée ci-dessus (figure 7).

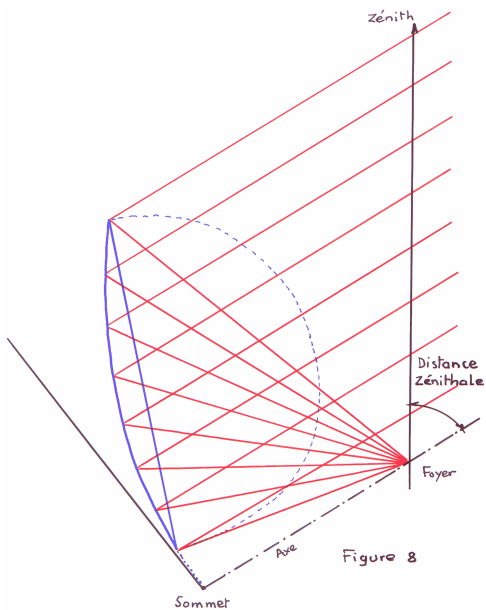
Essai d'application:

Si la résolution théorique ne pose pas de problème, il n'en est pas de même de la mise en oeuvre pratique. Plusieurs questions se posent:

- La "parabole" est-elle bien un parabolôïde de révolution?
- Quel est son axe?
- Quelle est la valeur de son paramètre?

Les marchands d'antenne ne répondent évidemment pas à ce genre de question et il faut essayer d'évaluer ces caractéristiques.

Il est probable que le réflecteur est situé entièrement hors de l'axe du parabolôïde pour éviter l'obstruction du faisceau incident par le récepteur placé au foyer (figure 8)



De plus la position du récepteur permet d'évaluer la distance focale du paraboloïde et le paramètre qui est égal au double de la distance focale. Finalement l'antenne coïncide assez bien avec un paraboloïde de paramètre 720mm dont le sommet serait situé à environ 30mm en dessous du bord inférieur de l'antenne.

Les photographies montrent le tracé effectué avec les données arbitraires suivantes:

- Latitude 48°
- Distance zénithale 55°
- Azimut 15°
- Hauteur du style droit 250mm
- Heures solaires locales 8, 10, 12, 14, 16, 18.

L'arc diurne du solstice d'hiver apparaît entre les heures 12 et 16.

L'installation d'un style polaire provisoire éclairé par un lampe ponctuelle montre une bonne coïncidence de l'ombre du style avec les lignes tracées préalablement (figure 9 et 10).

Ceci constitue une bonne présomption de validité du tracé malgré le manque de précision sur les caractéristiques de l'antenne. Photos 9 et 10 ci-dessous.

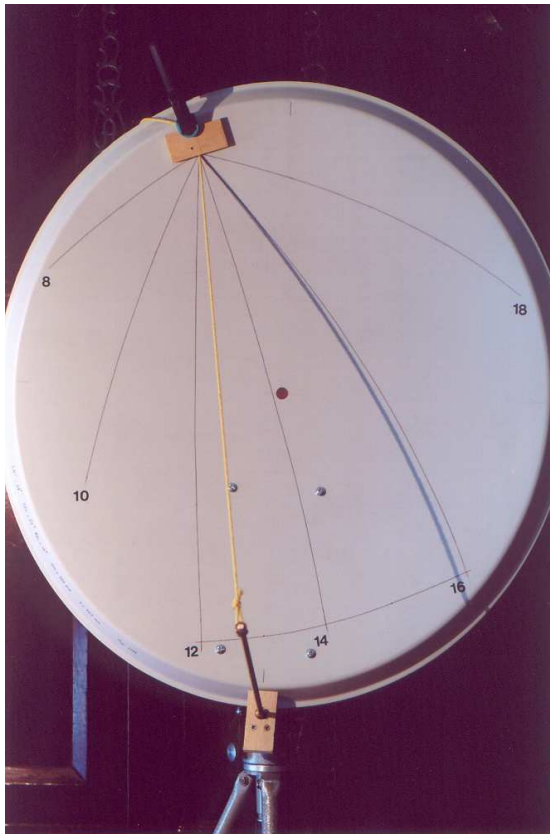


Photo n° 9

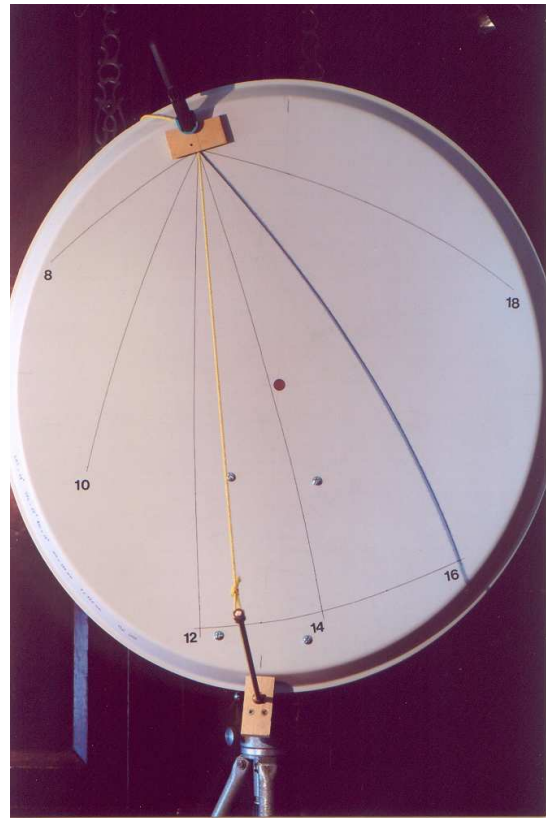
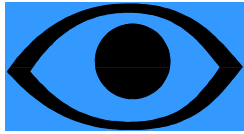


Photo n° 10

Infos-échanges-bric à brac-gnomonique



Informations

° La réunion de printemps de notre commission (14-15 mai 2005)



Groupe devant le cadran analemmatique du Jardin d'horticulture de Soissons

Organisée par MM Berriot et Broussas à Soissons, cette réunion a été particulièrement riche en échanges (rapportés pour la plupart en détail dans ce bulletin) et en découvertes des cadrans régionaux*.

* se reporter au CR/reportage d'Olivier Escuder.

° Journée des commissions de la SAF à l'observatoire de Meudon (juin 2005)

Présentation de notre commission et de ses travaux par Ph. Sauvageot (voir "L'Astronomie" et/ou le site Web de la SAF). Cette présentation va être complétée par un article dans la prochaine revue "L'Astronomie" et par un feuillet listant tous les "outils" mis à disposition du gnomoniste. Ce dernier sera adressé à tous les membres et aux nouveaux adhérents.

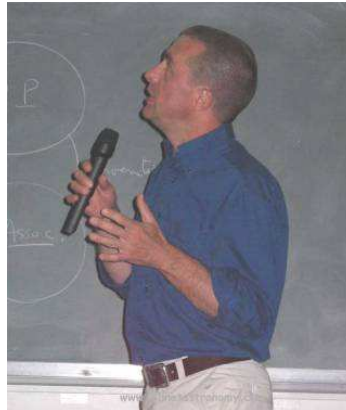
Cette intervention a montrée la qualité des études, des réalisations de notre commission ainsi que le souci de "partage" qui la caractérise.

Denis Savoie a rappelé l'énorme travail réalisé pour la sortie en octobre du livre "Paroles de Soleil", reprenant et analysant l'ensemble des devises des cadrans de la France entière.

En fin de matinée, M. François Blateyron a reçu le prix Julien Saget pour sa création du programme SHADOWS qu'il met à disposition sur le web, pour créer simplement des cadrans complexes.



Ph. Sauvageot: "des livres, des méthodes, des outils par tous et pour tous..."



D. Savoie: "Paroles de soleil": une réalisation exceptionnelle destinée à un large public"



F. Blateyron: Un logiciel pédagogique utilisé dans le monde entier.

° Concours de création d'un cadran solaire (Eric Daled Secrétaire du "VZW")

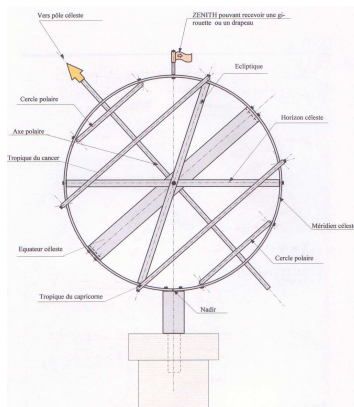
A l'occasion de son 10^{ème} anniversaire la Zonnewijzerkring Vlaanderen (Commission des cadrans solaires de Flandre-Belgique) a organisé un concours pour la création d'un cadran solaire qui viendra orner le siège de l'association. Il faut savoir que ce dernier est l'immeuble (Mercatorplein 14 à Rupelmonde) qui a vu naître Gérard Mercator, le grand cartographe flamand du 16^{ème} siècle.

La fin des inscriptions est fixée au 31 octobre 2005. Les conditions du concours ont été adressées par mail courant Juin.

Les projets seront appréciés par un jury composé de membres du conseil, du propriétaire du bâtiment, ainsi que d'un délégué de notre association sœur néerlandaise.

° Les "Journées des Plantes" de Courson (essonne)

La "Selection du Printemps" a décerné le "prix du domaine de Courson" à Y. Guyot pour sa "sphère armillaire vraie" exposée avec d'autres cadrans solaires dans le parc du château de Courson Monteloup, les 13, 14 et 15 mai dernier à l'occasion "des journées des plantes".



° Comprendre facilement les cadrans solaires

Notre collègue Alfred Roth a réalisé de nombreux cadrans gravés sur pierre. Il a voulu, faire partager ses connaissances en rédigeant et en mettant à disposition sur le site <http://dasypodius.free.fr/cherchemidi/01/011.htm> un livret expliquant progressivement le mode de fonctionnement et le calcul des cadrans solaires suivant l'introduction ci-dessous:

du Gnomon au Cadran Solaire Astronomique !

Initiation au fonctionnement et à la construction d'un Cadran Solaire. (1)

Cette rubrique a pour objet d'aider les membres de notre Association à s'initier à l'art et à la science gnomonique, ainsi qu'à la fabrication de leur propre Cadran Solaire.

La méthode pédagogique que nous utilisons est basée sur l'interrogation:

Quoi? Pourquoi? Comment?

en procédant par étapes; partant du simple pour aller vers le complexe. C'est ainsi que nous essayons de répondre chaque fois à une ou plusieurs questions.

Mais elucidons d'abord un point de vocabulaire:

Gnomonique (de Gnomon):

Art de construire les Cadrans Solaires,

Gnomon : du grec "gnômon = indicateur"

Le gnomon est le bâton que plantait le berger de l'antiquité verticalement en terre pour observer la direction du soleil et mesurer la longueur de l'ombre portée, afin de situer le moment de la journée.

Question: Comment mesurer la marche du temps en interrogeant le Soleil ?

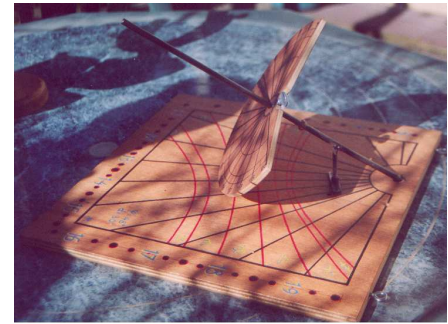
Le Soleil, Grande Horloge du Monde, nous indique le moment de la journée, ainsi que la période de l'année.

Il a réalisé en outre nombre de maquettes et d'instruments pédagogiques en bois.





Photos de Ph. Sauvageot, avril 2003



° Brevet d'invention (Frederick Sawyer)

La NASS (North American Sundial Society) a scanné près de 400 "demandes de brevet d'invention" concernant les cadrans du monde entier: Autriche, la Suisse, la Russie, les USA, le Japon... dont une quarantaine pour la France.

Dans la majorité des cas, il ne s'agit pas d'une découverte fondamentale, mais des astuces, des combinaisons de principes connus, des formes, des améliorations etc.

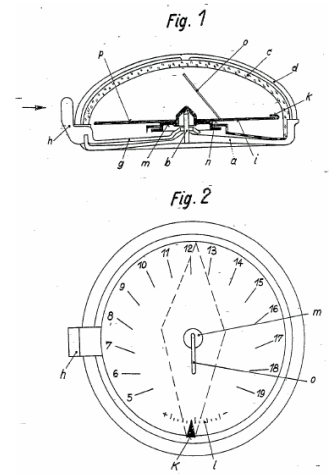
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
 MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE
 SERVICE DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
BREVET D'INVENTION
 Gr. 12. — Cl. 3. N° 1.001.726

Montre solaire de poche.
 Fime : FABRIK TECHN. ERZEUGNISSE DR. RUDOLF RÜTER résidant en Allemagne.

Demandé le 25 juin 1946, à 16° 25', à Paris.
 Délivré le 24 octobre 1951. — Publié le 27 février 1952.
 (Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1944 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention a pour objet un dispositif portatif destiné à la détermination précise de l'heure d'après la position du soleil. Ce dispositif se compose d'un boîtier recouvert d'un verre de montre fortement bombé et contenant un cadran solaire et un style porte-ombre, montés par l'intermédiaire d'une crapaudine sur une aiguille aimantée. Une pointe verticale dont l'extrémité sert de pivot à la crapaudine est fixée sur le fond du boîtier.
 Le cadran gradué est orienté automatiquement par l'aiguille aimantée dans la direction nord-sud. Lorsque l'appareil n'est pas en service, le système mobile comportant l'aiguille aimantée, le cadran gradué, le style et la crapaudine s'immobilise automatiquement et se soulève en s'écartant de la pointe de l'aiguille verticale. Conformément à l'invention, la montre solaire peut également être utilisée lorsque le soleil est plus ou moins caché; toutefois, la position du soleil doit être visible.

normalement, conformément à l'invention, en présentant la montre solaire au soleil et en actionnant plusieurs fois de suite le bouton de blocage. De cette façon, le cadran est rapidement immobilisé, de sorte que l'heure peut être lue sur le cadran d'après la position de l'ombre du style. La détermination du temps peut s'effectuer même lorsque le soleil est voilé mais sa position reste visible. Ceci est obtenu grâce au dispositif suivant :
 a. Sur le verre de montre est placé un couvercle tournant et opaque, dans lequel est pratiquée une fente étroite, servant à capter la lumière solaire atténuée et qui comporte, en face de la fente, une ouverture oculaire. Lorsque le rayonnement solaire est faible ou le soleil partiellement masqué, l'on place le couvercle sur le verre de montre en dirigeant la fente vers le soleil de façon que l'ombre du style se projette sur la partie conique éclairée. Le rayonnement solaire est ainsi concentré et la lumière extérieure,



° Bulletin de la NASS (Frederick Sawyer)



For eternally and always there is only one now, one and the same now; the present is the only thing that has no end.
 - Erwin Schrödinger

* Compendium: "Being the source and substance of the facts, with small comment." The dialing, or compendium is a single instrument incorporating a variety of dial types and sundial styles.

Dans le cadre des échanges entre sociétés gnomoniques, la NASS, nous adresse maintenant en plus de sa "version papier", *The Compendium* sous forme CD. Le volume 12/N° 3 de septembre, est à votre disposition (contacter Ph. Sauvageot):

Contents		
Combinations Of Sundials With Mechanical Clocks	Heinz Sigmund	1
Sightings... On Retreat	Steven R. Woodbury	8
The Prime Vertical	John F. Schilke	10
The Sundial (A Poem)	Samuel F.B. Morse	12
The Sundial Of Emperor Augustus: Rise And Decline	Frans W. Maes	13
Quiz Answer: Eratosthenes' Well	Rolf Wieland	28
The Bury St. Edmunds Curve	Fred Sawyer	29
Ring Dials (Farmers' Rings)	Helmut Sonderegger	32
Digital Bonus: Sonne & Ring Sundials	Helmut Sonderegger	39
Letters, Notes, Email, Internet ...		39
<i>Addendum: Essential Science For New World Diallists</i>	Martin Jenkins	

° L'an CASSINI: (Giovanni Paltrinieri)

Pour Bologne, l'année 2005 a été nommée "l'an de Cassini". Pour avoir toutes les informations concernant cet événement d'exception, vous pouvez consulter le site: www.bo.astro.it/universo/cassini/

Je suis à votre disposition pour informations complémentaires. Pour consulter mon site, vous pouvez taper Paltrinieri dans le moteur de recherche "google".

° Bizarre, vous avez dit bizarre: (François Blateyron)

Je vous envoie des photos d'un bloc gnomonique que j'ai trouvé assez curieux. Il n'est pas aligné avec le méridien et les styles des faces Est et Ouest sont assez bizarres de loin. Je m'étonne du choix du cadranier. On a l'impression que le style a été replié sur le cadran, mais c'est simplement une configuration pour rattraper la déclinaison.

Ce cadran est sur le toit de l'Académie Suédoise, celle qui décerne les prix Nobel. Il est assez haut et on ne voit pas de lignes. C'est le seul cadran que j'ai vu à Stockholm.



° Article paru en Chine: (Jean-Michel Ansel)

Harbin, Chine, Cadran solaire à "style humain".

La première place du Cadran solaire utilisant le corps humain comme style a été ouverte récemment au public sur l'île du Soleil à Harbin (Chine du Nord-Est). Basé sur le mouvement apparent du soleil dans le ciel, le cadran solaire est un appareil qui sert à mesurer l'heure. À cette fin, au cours de la journée, il repère la course de l'ombre du style sur le plan gradué appelé cadran. Quand il fait soleil, l'ombre du style est projetée sur le cadran et change de position au fil du temps.

Ce qui diffère sur la place à Harbin, c'est que le touriste se tient sur le point marquant la date du calendrier lunaire chinois au centre de la place; il devient ainsi lui-même le style du cadran. On calcule alors l'heure d'après la graduation du temps à laquelle son ombre correspond au sol.

C'est très intéressant, sans montre, il suffit de se tenir sur le point défini et de regarder justement la graduation pour savoir l'heure qu'il est. « L'intelligence de nos ancêtres mérite

vraiment l'admiration! », a soupiré un touriste qui venait de mesurer le temps sur la place.

Selon M. Zhang Dejie, employé du Bureau de gestion de la zone touristique de l'île du Soleil, à part la place du Cadran solaire à style humain, la zone lancera d'autres attractions combinant la vulgarisation scientifique et le divertissement; par exemple, un jeu d'échec géant, une place des jeux d'eau, un parc des bruits naturels, etc.

Toutes ces attractions donneront encore plus de charme à l'île du Soleil.

° Réviser vos cadrans solaires:

Paru dans la revue Science et Avenir: Les jours sont plus courts!

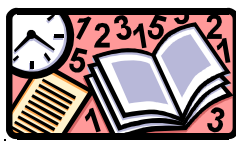


Le séisme de Sumatra du 26 décembre, d'une magnitude de 9 degrés sur l'échelle de Richter, a été le plus violent depuis celui qui a secoué l'Alaska en 1964. Si tous les séismes ont des répercussions sur l'axe de rotation ou la forme de la Terre, celles-ci sont rarement mesurables. Certains effets du séisme de Sumatra, à cause de son ampleur, devraient cependant pouvoir être directement observés.

Pour l'instant, les scientifiques calculent les effets du séisme sur la rotation de la Terre. Deux chercheurs de la NASA, Benjamin Fong Chao (GSFC) et Richard Gross (JPL) ont ainsi calculé que le pôle Nord s'est déplacé d'environ 2,5 cm dans la direction de 145° de longitude Est. Cela confirme une tendance déjà observée.

Le séisme a par ailleurs très légèrement accéléré la vitesse de rotation de la Terre sur son axe, ce qui aurait pour conséquence un raccourcissement des journées de 2,68 microsecondes. Cette modification de la vitesse de rotation est liée au changement de forme de la Terre. Notre planète n'est pas totalement ronde mais aplatie aux pôles et "rebondie" à l'équateur. Depuis le séisme du 26 décembre la Terre serait un peu moins plate. Cet infime changement a été amorcé depuis longtemps par d'autres séismes.

Fong Chao et Gross espèrent pouvoir mesurer directement certaines de ces modifications, notamment la dérive du pôle Nord, grâce à certains capteurs. Ces changements terrestres sont quoi qu'il en soit sans commune mesure avec les bouleversements humains engendrés par le séisme et le tsunami dans l'Océan Indien.



Des livres et des revues

■ DICTIONNAIRE DE GNOMONIQUE ILLUSTRÉ

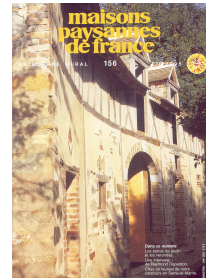
Près de 800 entrées, 236 pages, 236 photos et illustrations, 14 planches hors texte Voir article dans ce bulletin.

Le livre est disponible chez l'auteur au prix de souscription de 30 € pour les membres de la SAF et au prix public de 35 €. Adresser vos commandes à M. Pierre Gojat 28, rue des Marronniers 91250 Tigery ou à pierre.gojat@wanadoo.fr



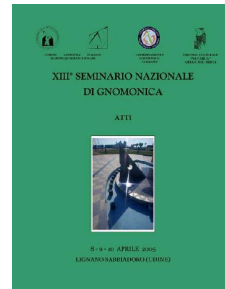
■ MAISONS PAYSANNES DE FRANCE, JUIN 2005

André Thiot demande: "Pourquoi pas un cadran solaire?". A cette question, l'auteur donne en 4 pages le fonctionnement des cadrans et quelques approches pour les calculer.



■ XIII° SEMINAIRE DE GNOMONIQUE

Le compte rendu (en italien) du XIII^{ème} Seminario Nazionale di Gnomonica qui s'est tenu les 8, 9 10 avril 2005 est rapporté dans un livret et sur CDrom.



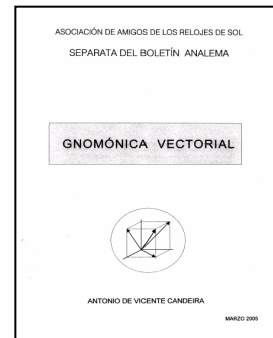
■ GNOMONIQUE VECTORIELLE

Docteur ingénieur de la Naval, Antonio de Vicente Candeira offre un recueil (en espagnol, traduction en cours) de 65 pages de démonstrations, de formules et de schémas sur la gnomonique par le calcul vectoriel.

A celui-ci est joint un programme permettant les calculs et graphiques.

➡ Sur la version CDrom, vous trouverez en annexe:

- ° Le recueil
- ° Le programme sous Excel



Quelques Sites internet

- Cadrans solaires, clepsydres, sabliers, horloges à quartz...:
<http://members.aol.com/lagardesse/cadsol.htm>
- Visite des cadrans solaires du Queyras :
[http:// www.astrosurf.com/thizy/queyras.htm](http://www.astrosurf.com/thizy/queyras.htm)
- Cadrans d'Ecosse, de Suisse, grecs ou romains...
[http:// perso.wanadoo.fr/cadrans.solaires/cadrans/copains.html](http://perso.wanadoo.fr/cadrans.solaires/cadrans/copains.html)
- Cadrans de type analemmatique à projection centrale:
<http://perso.wanadoo.fr/ymasse/gnomon/analprc.htm>
- Cadran horizontal à tracer à la règle et au compas:
<http://perso.wanadoo.fr/ymasse/gnomon/hori2prc.htm>
- Projection de l'ombre d'un objet:
[http:// www.crdp.ac-grenoble.fr/imel/jlj/persp/caval/conique/infogene.htm](http://www.crdp.ac-grenoble.fr/imel/jlj/persp/caval/conique/infogene.htm)

▫ **Ombre portée par un bâtiment sur sol horizontal:**

<http://www.marseille.archi.fr/~abc/OmbrPerm.htm>

▫ **Ombre d'un volume:**

<http://texel3d.free/opengl/shadowvolume/shadowvolume.htm>

▫ **Points capitaux pour réaliser un cadran horizontal:**

<http://www2.globetrotter.net/faaq/bibliotheque/instruments/levs000.htm>

▫ **Site de M. J Robic avec entre autre les cadrans de Beauregard à Rennes:**

<http://perso.wanadoo.fr/cadrans.solaires/cadrans/Cadran-beauregard-rennes.html>

" Cadrans réalisés par David Boeno dans le parc de Beauregard au Nord de Rennes, derrière la chaufferie de Villejean. Ce parc est en cours d'aménagement".

Le premier décompose la lumière du soleil à travers un prisme au milieu des murets arrondis, d'ou les différentes couleurs:



Le second est un cadran géant sans style (c'est le visiteur qui sert de style), constitué d'une plate-forme en demi-lune en ardoise (voir la photo) et de plots indiquant les heures, on voit le plot de 10h au fond éloigné d'environ 50 m.

"Le "dispositif " est constitué de chiffres/heures répartis le long d'une parabole. L'observateur se place au foyer de cette parabole (matérialisé par des pierres plates) et lit l'heure dans le prolongement de son ombre. En fait il n'y a qu'au solstice que le cadran indique l'heure solaire exacte".

L'inauguration du cadran a eu lieu le 19 juin 2005, date à laquelle le cadran fonctionne en théorie puisque le soleil est quasiment au solstice".



Emplacement pour jouer le rôle du style



L'homme style



Cadran vu du ciel, marquage des plots

▫ **Plein de cadrans solaires** (mais aussi attention de la publicité pour des "grills solaires"!!!, des hôtels au nom de cadran...):

<http://www.webshots.com/search?new=1&source=homesearch&query=%22cadran+solaire%22>

- Les vues de cadrans solaires prises par satellite font fureur sur le net:

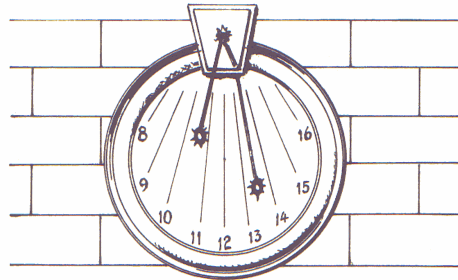
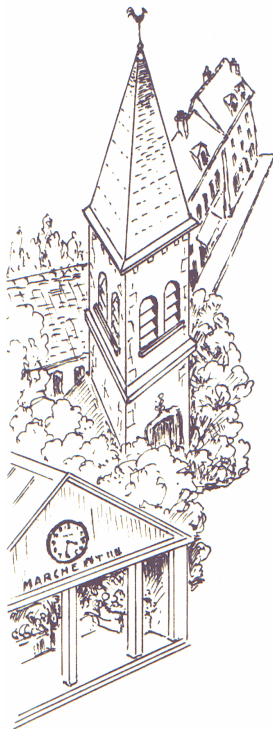


Cadran de Reuilly
à Paris en forme
de papillon.



Meridiana di
Paltrinieri
Bologne (Italie)

Un Poème:



*Dorment encor les noctambules,
L'Angélus sonne au grand clocher,
Tic-tac, tic-tac fait la pendule
Sur le fronton du vieux marché .

Mais tout là-bas, discrètement,
Sans aucun bruit et sans alarme
On voit serene passer le temps -
Cela ne manque pas de charme .

Il y a là un beau cadran ,
Sur son gnomon est une étoile ,
Donne l'heure au soleil levant

Lorsque le ciel n'a pas de voile ,
Saïissons la ... vite , avec joie ,
Car le bonheur ne se renvoie !*

Poème de G. Camus ✚,
ancien membre de notre commission



cadran multiface à Emeville (oise)
Photo de Ph. Sauvageot