

GNOMONIQUE ET CADRANS SOLAIRES MONUMENTAUX A VALOGNES – Les Œuvres de Lecoquière (1740-1807) et Dancel (1761-1836), prêtres et enseignants à Valognes XVIIIe et XIXe siècles

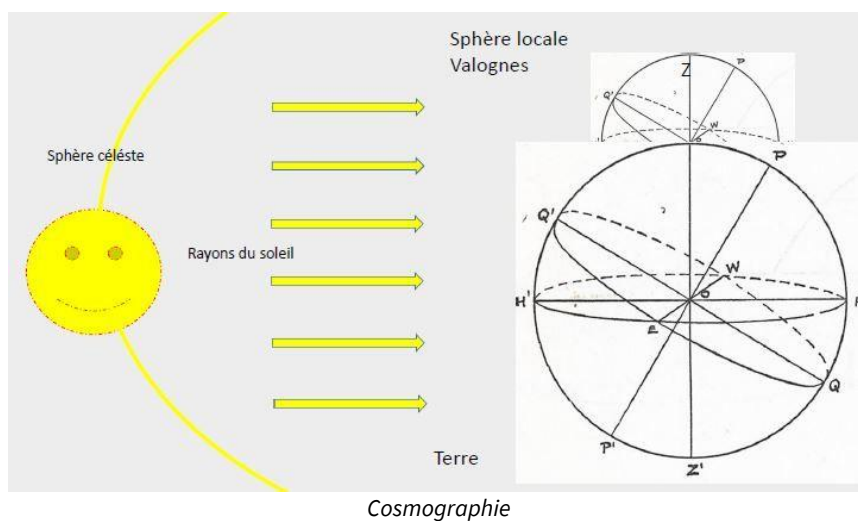
Préambule

Il est utile de préciser que les cadrans solaires, sauf indication formelle du constructeur, donnent l'heure solaire du lieu, dite heure vraie, et qu'on ne peut les comparer à l'heure légale en usage qu'après avoir effectué plusieurs corrections qui sont l'équation du temps, la correction de longitude et le fuseau horaire. Ce temps vrai était la seule référence utilisée jusqu'au début du XIXe qui a vu l'introduction de la notion de temps moyen, puis du temps universel et de l'heure légale.

Principe des cadrans solaires

La cosmographie est l'étude du mouvement des astres, et la gnomonique est l'utilisation de la cosmographie pour construire les cadrans solaires ; les outils sont les mathématiques, la géométrie

sphérique et la trigonométrie sphérique. Le postulat de la cosmographie est que tous les rayons du soleil sont parallèles et atteignent la terre sous le même angle : Grâce à cela nous pouvons faire les mesures à Valognes et raisonner comme si nous étions au centre de la terre.



La terre tourne autour de son axe, le mouvement apparent du soleil est une rotation autour de l'axe de la terre à vitesse uniforme. Il en résulte que l'ombre d'une tige (un gnomon ou style) placé parallèlement à l'axe de la terre va se déplacer uniformément à la même vitesse angulaire que le soleil autour de la tige. Autrement dit, comme le soleil parcourt un arc 15° en une heure ($360^\circ/24=15^\circ$), l'ombre va parcourir un même arc de 15° centré sur le Gnomon ou style...

Si nous supprimons de la sphère locale (de Valognes) tout ce qui n'est pas utile à la gnomonique, et ne gardons que le plan de l'équateur $QEQ'W$ et l'axe des pôles PP' (axe du monde) nous obtenons un cadran équatorial qui est un cadran universel, dont l'axe des pôles est le style et le plan de l'équateur, récepteur de l'ombre, est la table. Il est universel puisque l'on peut régler la latitude en modifiant l'inclinaison de l'axe des pôles en fonction de la latitude du lieu. Il est sans limite pour l'heure et sans limite pour la déclinaison du soleil, l'ombre se trouvant au-dessus de la table en été, au-dessous en hiver.

Lorsque le style ou gnomon est réglé et parallèle à l'axe des pôles, son ombre indique le temps vrai sur une table graduée en heures de 15° ; pour construire un cadran solaire, il faut un style, une table et des graduations ou lignes horaires.

Le cadran est déterminé par la latitude et la position relative de la table par rapport au style ; le style et la ligne de midi définissent le plan méridien. La nature du style est quelconque, seul son angle avec l'horizontale et sa position dans le plan méridien sont déterminant.

Par exemple ce manche à balais jaune pointé sur l'étoile polaire (axe des pôles) et placé dans le plan méridien devient un style ; il nous faut maintenant une « table » pour y lire l'ombre. N'importe quel plan ferait l'affaire, mais la réalisation la plus simple est un plan parallèle au plan de l'équateur et donc perpendiculaire au style qui nous donne un cadran équatorial sur lequel nous portons les divisions de 15° en 15° sur les deux faces.

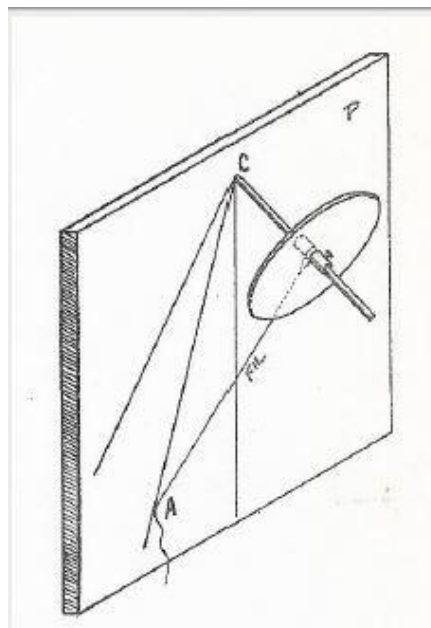


Cadran équatorial

C'est la face supérieure du plan qui sera éclairée de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne, lorsque la hauteur du soleil au-dessus de l'équateur (déclinaison) est positive.

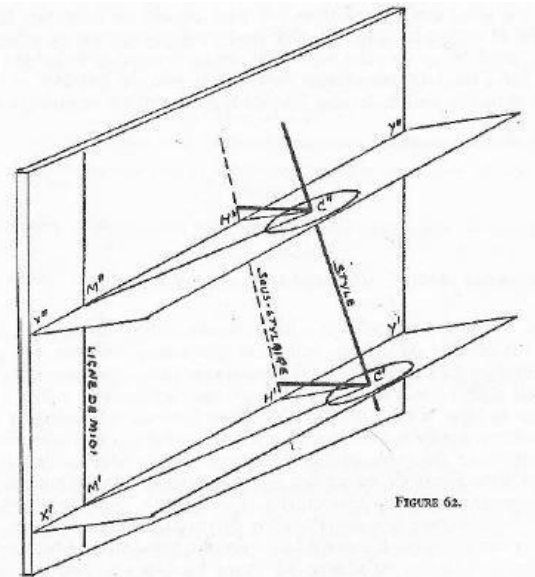
Et la face inférieure qui sera éclairée de l'équinoxe d'automne à l'équinoxe de printemps lorsque la déclinaison est négative.

Ce qui implique que les lignes horaires d'un cadran quelconque peuvent être tracées sans calcul (mais avec beaucoup de soin), en prolongeant jusqu'à la table les lignes horaires d'un cadran équatorial utilisé comme auxiliaire de traçage. Ceci reste valable que le gnomon ait un contact avec la table (centre du cadran) ou non. La technique est montrée sur les deux schémas suivants tirés de l'ouvrage de mon maître René ROHR (voir bibliographie).



Cadran équatorial auxiliaire pour le traçage d'un cadran vertical (R. ROHR)

Si on le munit d'une deuxième table exécutée et réglée dans les mêmes conditions (ou si on déplace la première), on peut l'utiliser comme cadran auxiliaire pour tracer, avec des ficelles tendues sur les deux tables, les points des lignes horaires d'un autre cadran sur une surface quelconque, horizontale, verticale, inclinée ou courbe. Par exemple sur un mur recevant le soleil. Ceci sans faire appel au calcul.



Cadran équatoriaux auxiliaires pour le traçage d'un cadran à centre inaccessible (R. ROHR)

Un cadran solaire composé de plusieurs cadrans est dit cadran monumental, bloc gnomonique ou cadran multi-faces. Dans ce cas les gnomons ou style des différents cadrans doivent être parallèles et tous les cadrans doivent indiquer la même heure lorsque le bloc est correctement orienté.

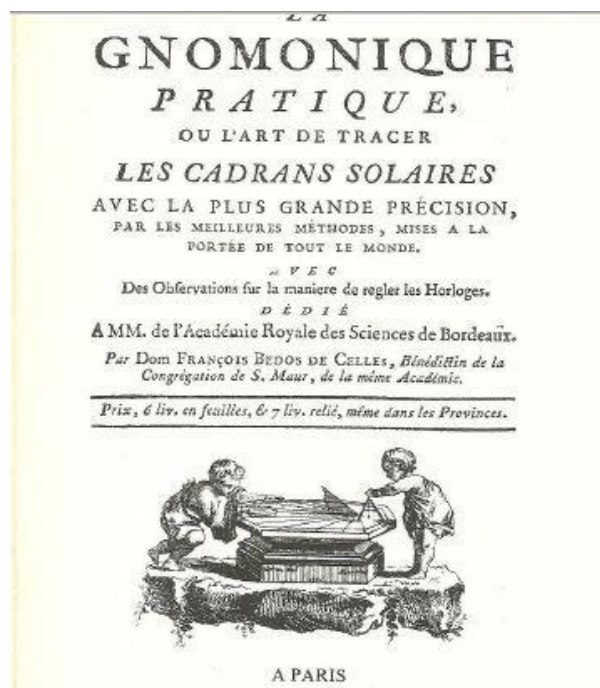


Quelques exemples de blocs gnomoniques du Cotentin

Archéologie gnomonique à Valognes

Revenons au XVIII^e siècle ; les horloges d'édifice existent depuis le XIII^e siècle, les montres et pendules de table depuis le XVI^e siècle, pourquoi est-on encore préoccupé par les cadrans solaires à cette époque ?

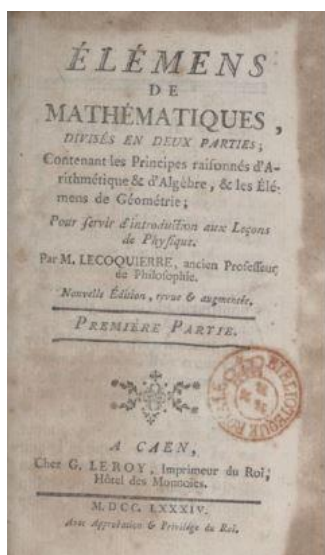
Les montres et les horloges sont rares et chères, et le seul moyen de les régler et de les mettre à l'heure est de les comparer avec un cadran solaire, particulièrement lors du passage au méridien du lieu, à midi vrai. A la fin du XVIII^e siècle la gnomonique est totalement maîtrisée et exposée dans l'ouvrage de référence de Dom Bedos de Celles. Il reste alors à vulgariser ces progrès pour les mettre au service de la société.



Ouvrage de Dom BEDOS de CELLES

L'œuvre de Lecoquière, premier acteur de cette saga gnomonique Valognaise

Jean François Lecoquière (1740-1807), prêtre Eudiste et enseignant, d'abord professeur de mathématiques et de philosophie au séminaire de Valognes (actuel lycée Cornat), puis à l'université de Caen. Il a émigré en Angleterre et en Russie pendant la Révolution (1791-1802). A son retour, il devient chapelain du couvent de la Visitation à Caen, où il meurt en 1807. Il fut également membre de la Société Académique de Cherbourg, de 1775 à sa mort. A Valognes, où il a enseigné la philosophie et les mathématiques de 1773 à 1785, il a publié un « *Abrégé des éléments de mathématiques pour servir d'introduction aux leçons de physique* » et il a réalisé le bloc gnomonique à 6 cadrans qui se trouve encore dans la cour du lycée.



Mercure de France, 12 novembre 1785, p. 142 :

ÉLÉMENTS de Mathématiques pour servir d'Introduction aux Leçons de Physique, par M. Lecoquierre, ancien Professeur de Philosophie. A Caën, chez Leroy. Prix, 1 liv. 16 sols broché.

Cet Ouvrage contient l'Arithmétique, l'Algèbre jusqu'aux Equations du second degré, la Géométrie & la Trigonométrie rectiligne & sphérique, dont on ne peut se passer si on veut faire quelques pas dans l'Astronomie. On y a ajouté des Tables de logarithmes, des sinus & tangentes de 15 en 15 minutes de degré, & des nombres naturels jusqu'à 360, afin que les jeunes gens puissent s'exercer à faire quelques opérations sans être obligés d'acheter des Tables plus étendues, qu'un grand nombre ne pourroit pas se procurer facilement. Depuis un an que cet Ouvrage paroît, il a déjà été adopté par six Collèges, ce qui est un bon préjugé en sa faveur.

La trigonométrie »rectiligne » et la trigonométrie sphérique sont les éléments indispensables au traçage des cadrans solaires par le calcul.

Ouvrage de LECOQUIERE



Lycée Henri Cornat, cadran occidental polaire, cadran équatorial supérieur, cadran septentrional polaire

Nous avons vu que la position des gnomons ou styles est contrainte par les lois de la gnomonique ; par contre la position de chacune des tables et leur orientation peut donner libre cours à la créativité. Ainsi nous avons à Valognes une table supérieure parallèle à l'équateur, qui porte donc un cadran équatorial (E) éclairé de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne. A la périphérie du bloc se trouvent 4 faces orientées vers les points cardinaux. Les faces orientale (B) et occidentale (D) portent des cadrans à table courbe et les faces septentrionale (A) et méridionale (C), des cadrans hémicylindriques. Ces quatre faces, étant perpendiculaires à la face supérieure équatoriale, sont dites polaires. Le pied du bloc porte un cadran méridional vertical (F).

	Printemps- Été	Automne -Hiver
Heure solaire	21Mars au 21 Septembre	21 Septembre au 21 Mars
4-6	A,B,E	N/A
6-12	B,C,E,F	B,C,F
12-18	C,D,E,F	C,D,F
18-20	A,D,E	N/A

Suivant la saison et la longueur du jour, on peut lire l'heure simultanément sur trois ou quatre des cadrans



Désignation des cadrans et plage d'éclairement en fonction de la saison



Lycée Henri Cornat, cadran méridional vertical, cadran méridional polaire, cadran oriental polaire

L'axe de symétrie des cadrans (E)(C)(F) est par construction le plan méridien qui contient leurs gnomons et leurs lignes de midi .

Le cadran (A), septentrional n'a pas de gnomons dans le plan méridien, ce sont les arêtes de la table courbe qui en tiennent lieu, chacune portant ombre, respectivement le matin avant 6h et le soir après 18h.

Le soleil effectue son parcours dans le sens des aiguilles d'une montre, et donc son ombre vue du gnomon dans le même sens, indiquant ainsi la succession des lignes horaires.



1908:
Bien
orienté

2018:
Mal
orienté

Orientation du bloc gnomonique

Malheureusement, l'orientation actuelle du bloc est fautive d'une trentaine de degrés. Faute d'entretien et de protection, le bloc est descellé, au point qu'il peut tourner sur son support ; tous les styles sont perdus, une partie du cadran C est cassée et perdue, les lignes horaires et les chiffres sont altérés et peu lisibles ; cependant il est possible par la géométrie de reconstituer les gnomons et de retracer les lignes horaires.

C'est ce que j'ai réalisé en produisant cette reconstitution en béton cellulaire à l'échelle 1. Le gnomon du cadran équatorial est une tige, les gnomons des cadrans polaires (B), (C) et (D) sont des palettes, sur le cadran (A) (polaire septentrional, les arêtes servent de gnomons).



Maquette à l'échelle 1 réalisée en béton cellulaire.

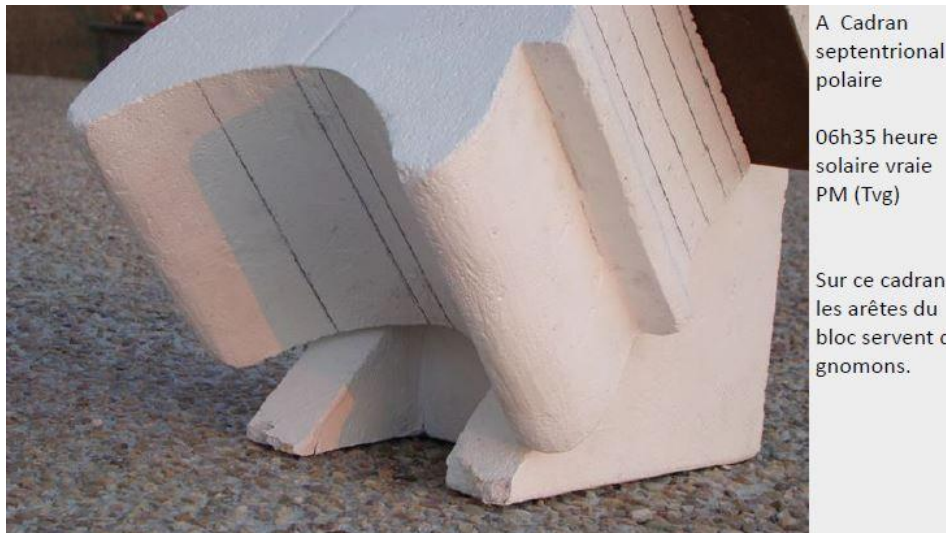
E Cadran équatorial

La table est parallèle au plan de l'équateur

Le Gnomon est parallèle à l'axe du monde

Lecture : 05h50 heure solaire vraie PM (Tvg)

Maquette échelle 1 Cadran équatorial supérieur E



A Cadran septentrional polaire

06h35 heure solaire vraie PM (Tvg)

Sur ce cadran, les arêtes du bloc servent d'gnomons.

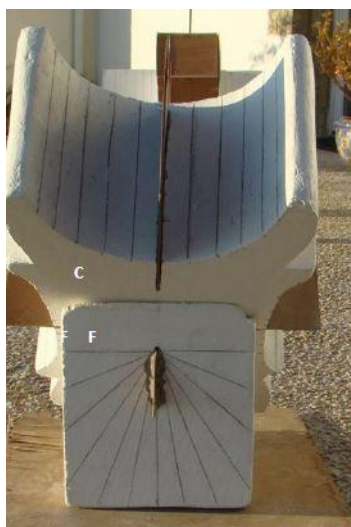
Cadran polaire septentrional



B Cadran oriental polaire à table courbe

Lecture : 9 h heure solaire vraie AM (Tvg)

Cadran polaire oriental



C cadran méridional polaire cylindrique: la table est un demi cylindre

F Cadran méridional vertical

Lecture : 05h30 heure solaire vraie PM

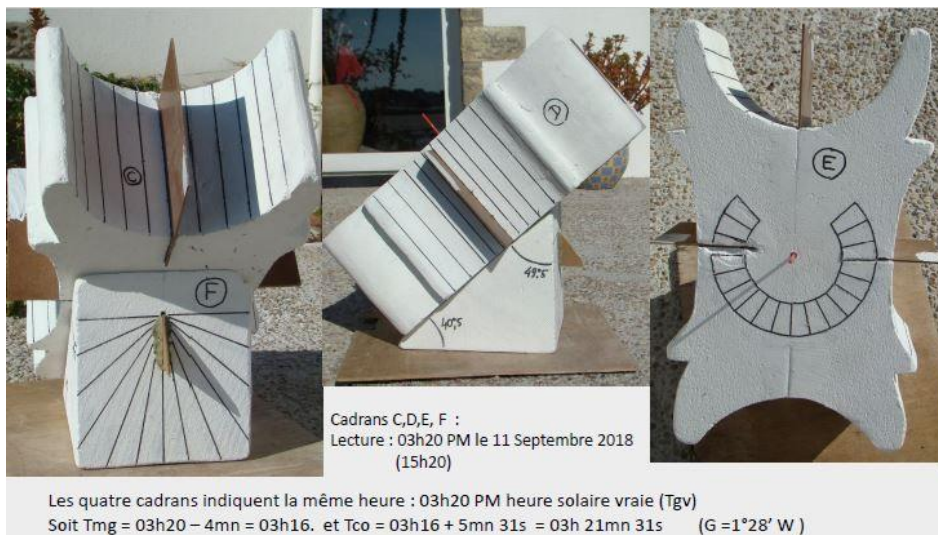
Cadran polaire méridional C et vertical méridional F



D Cadran occidental polaire à table courbe (curvilinear)

Lecture : 05h30 heure solaire vraie PM (Tvg)

Cadran polaire occidental



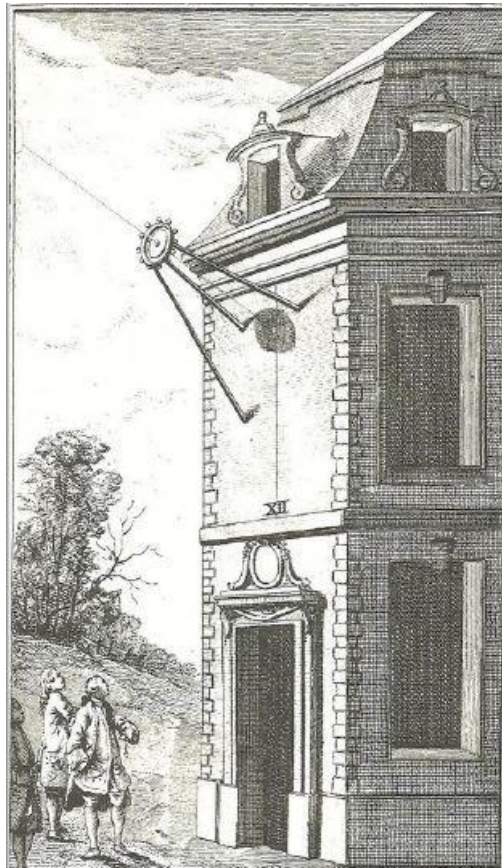
E,C,D,et F indiquent la même heure

Un tel bloc gnomonique était à cette époque un « chef d'œuvre » où l'auteur mettait en pratique ses connaissances et aussi sa créativité en apportant des solutions originales au problème de la détermination du temps.

C'est un objet scientifique permettant d'exposer le parcours diurne du soleil, et aussi les variations saisonnières de la déclinaison du soleil : sur les cadrans latéraux du bloc (A) (B) (C) (D)), l'ombre du gnomon n'apparaît sur toute la hauteur de la table qu'aux équinoxes : Au printemps elle se décale vers le bas, c'est le cas de mes photos, jusqu'à ne plus occuper que la moitié inférieure de l'épaisseur du bloc au solstice d'été (déclinaison positive, hauteur maximale du soleil). Elle remonte ensuite pour revenir sur le bloc à l'équinoxe d'automne. De cette position elle continue à monter pour n'occuper que la moitié supérieure au solstice d'hiver (déclinaison négative, hauteur minimale du soleil), puis repart vers le bas pour occuper la hauteur du bloc à l'équinoxe suivant.

Les blocs gnomoniques étaient souvent placés à la croisée des allées d'un parc ou dans un lieu dégagé. C'était un objet de prestige pour leur créateur ou pour leur propriétaire, en plus du rôle utilitaire, scientifique et pédagogique.

La méridienne, le temps moyen et la méridienne de temps moyen



Méridienne verticale dans Bedos de Celle - le gnomon



Pyramide de la méridienne de St Sulpice

Donc le réglage des montres se faisait au passage du soleil au méridien supérieur du lieu qui est le midi de temps vrai, comme à St Sulpice ou sur le dessin de Bedos de Celle ; mais tout se complique : la vitesse angulaire du mouvement apparent du soleil n'est pas constante au cours de l'année, il en résulte des écarts récurrents entre les horloges mécanique et l'horloge solaire. Il faut corriger le temps vrai T_{vg} pour garder un jour de longueur constante toute l'année compatible avec le fonctionnement des montres.

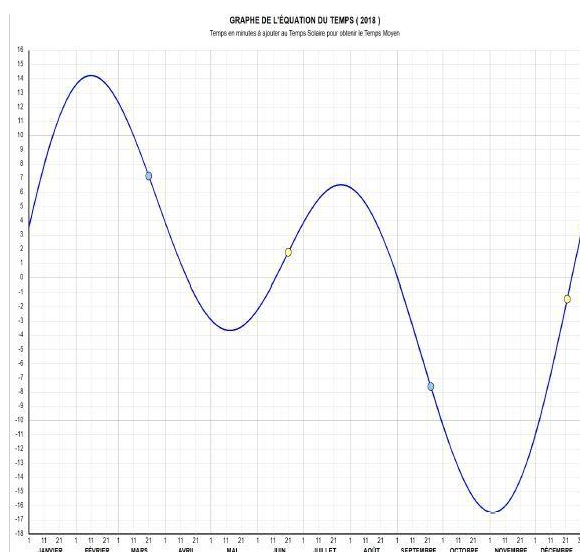
Les corrections à apporter au midi vrai : l'équation du temps

Les corrections sont connues depuis Claude Ptolémée (II^e siècle) et publiées chaque année par les almanachs. Mais ce n'est pas très simple.

La distance terre-soleil varie au cours de l'année et l'orbite du soleil n'est pas confondue avec l'équateur et s'en écarte jusqu'à + ou - 23,5° : ceci génère une différence entre le temps vrai, indiqué par le soleil, et le temps moyen qui est entretenu par les horloges. L'écart peut atteindre un quart d'heure en plus ou en moins avec une horloge réglée sur le temps moyen. Cet écart est appelé l'Equation du temps :

$$T_{mg} = T_{vg} + e$$

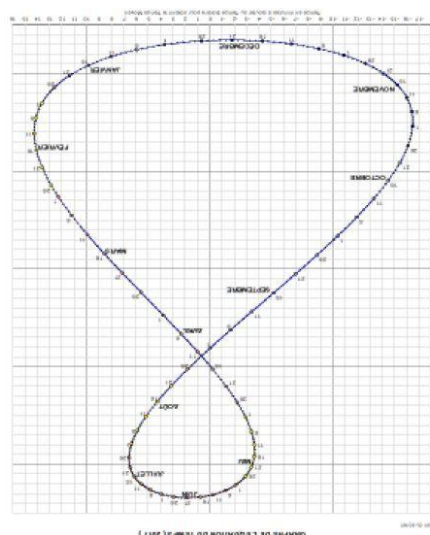
Le temps moyen au lieu G est égal au temps vrai T_{vg} augmenté algébriquement de l'équation du temps. On peut reporter l'équation du temps sur un diagramme.



Ce n'est pas beaucoup plus simple que l'utilisation des almanachs.

Grandjean de Fouchy a eu l'idée de reporter le diagramme sur la table du cadran solaire en 1730

Graphique de l'équation du temps (SHADOWS Pro)

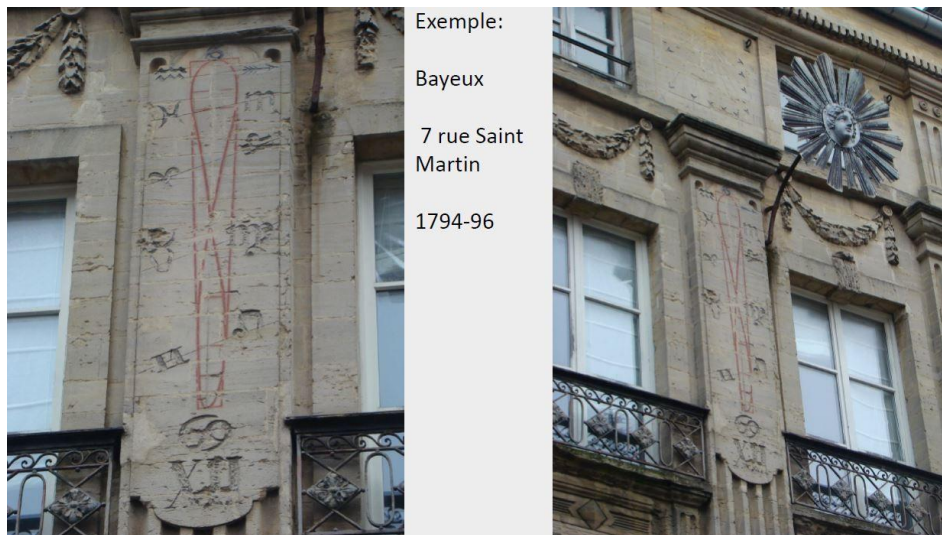


Le diagramme est alors une courbe en 8 dite analemme. Pour une table de cadran verticale, le solstice d'hiver est en haut et le solstice d'été en bas.

Cette combinaison gnomons / analemme donne le midi de temps moyen sans calcul: Il est midi de temps moyen lorsque l'ombre du style traverse une des branches de la courbe, à droite ou à gauche de la ligne du midi vrai. Il faut indiquer sur la courbe en 8 les mois ou les signes du Zodiac pour lever l'ambiguïté entre les deux branches.

Une telle méridienne de temps moyen est tracée entre 11AM et 1 PM, mais il est intéressant d'augmenter la hauteur pour améliorer la précision.

Analemme (SHADOWS Pro)



La méridienne de Bayeux

L'œuvre de Dancel, deuxième acteur de cette saga gnomonique

Valognaise (1805-1827)

Né en 1761 à Cherbourg, il a étudié au séminaire de Valognes où Lecoquière enseignait la philosophie et les mathématiques (1773-1785) ; c'est l'époque durant laquelle le bloc gnomonique du séminaire a été construit. Ordonné prêtre, il a été professeur et maître de conférences à Paris après des études en Sorbonne. Emigré en Angleterre en 1791 à cause de la Révolution, il a enseigné la philosophie et les mathématiques au St-Edmund Collège (Herfordshire) de 1792 à 1802, et en fut le préfet des études de 1800 à 1802. Curé de Valognes de 1805 à 1827, il a fait construire une « pyramide » dans le jardin du presbytère. Comme Lecoquière, il a été membre de la Société Académique de Cherbourg à partir de 1807. Nommé évêque de Bayeux en 1827, il y est décédé en 1836.



Le jardin du presbytère de Valognes



Jean Charles Dancel

Il y a une similitude esthétique certaine entre la méridienne de St-Sulpice (1743) et la « pyramide » Dancel de Valognes ; rien d'étonnant puisque nous savons que Dancel a séjourné dans le Quartier Latin durant ses années à l'Université puis au collège d'Harcourt. De plus, Dancel avait besoin d'un mur exactement face au Sud pour réaliser son projet ; Aucun mur des bâtiments de son domaine, le presbytère ne remplissait cette condition ; il a donc choisit de le faire construire.

Similitude gnomonique également, mais le projet inachevé de Dancel était selon moi plus ambitieux, la forme trapézoïdale du monument nous l'indique : Il voulait mettre en pratique l'invention de Granjean de Fouchy, c'est-à-dire intégrer à la méridienne le tracé de l'analemme ou courbe en 8, pour la détermination directe sans calcul du midi de temps moyen. Ce tracé nécessite d'étendre le cadran méridien au moins aux lignes horaires de 11h30 et de 12h30, pour tenir compte de l'amplitude de l'équation du temps (+14 à -17 minutes - voir la courbe) et pour le confort des observateurs.



La « pyramide » et la croix inclinée

La « pyramide » mesure environ 6 mètres de haut et 1.6 mètre à la base.

Elle est surmontée d'une boule de pierre en calcaire de Valognes. Sa face méridionale est parfaitement dressée pour recevoir la gravure ; elle ne semble pas avoir été endommagée par le bombardement de Valognes en 1944, par contre le bâtiment adjacent a été restauré.

Restitution virtuelle de la méridienne de temps moyen

Les angles des côtés de la « pyramide » avec la verticale correspondent à ceux des lignes horaires calculées pour 11h15 AM (bord gauche) et 1h45 PM (bord droit) d'un cadran méridional vertical calculé pour Valognes.

Pour un cadran méridional vertical :

$$\text{TgZ} = \text{Cos } \Phi \text{ Tg AH}$$

Z étant l'angle de la ligne horaire avec la ligne de midi

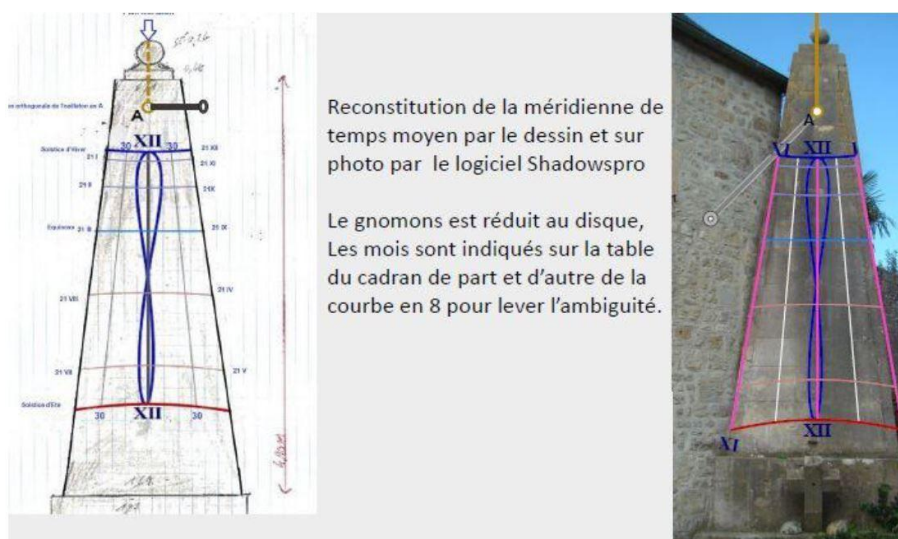
Φ étant la latitude (49,5°N)

AH étant l'angle horaire (+45 min = + 11.25° ou -45 min = 11.25°)

Les dimensions de la pyramide auraient permis de tracer une courbe en 8 ou analemme de 3 mètres de hauteur et les lignes horaires entre 11h15 AM et 1h45 PM ce qui encadre largement l'analemme comprise entre les lignes horaires +14 et -17 minutes.

Pour un tel cadran méridien, le gnomon peut être réduit à son extrémité munie d'un disque percé qui fera ombre (voir le dessin de la méridienne fig. 19), tandis que le point lumineux indiquera le passage sur l'analemme. Seul le disque joue un rôle dans la mesure, le support du disque peut donc avoir une position et une forme quelconque (voir fig. 19, et fig. 20, le soleil percé de Bayeux).

Le point lumineux croisant l'analemme à deux reprises, il faut lever l'ambiguïté en inscrivant le long de celle-ci soit les mois, soit les signes du zodiaque.



Reconstitution virtuelle de la méridienne Dancel

Légende et hypothèse

Plus tard, on a dit de Dancel qu'il était un royaliste acharné et qu'il faisait, grâce à un savant dispositif solaire éclaté, un pétard au sommet de son monument à chaque anniversaire de la mort du roi Louis XVI ! Aucun indice ne vient corroborer cette légende, mais le principe évoqué me fait penser à un petit objet très à la mode à la fin du XVIII^e et au XIX^e siècle : le canon méridien. Ce dispositif est construit pour une latitude déterminée. Il doit être orienté dans le plan méridien, le petit canon chargé à poudre, et une loupe réglée sur la hauteur du soleil à midi (en fait elle est réglée sur la déclinaison du jour pour la date souhaitée). A midi vrai, la concentration des rayons du soleil par l'optique de la loupe met "miraculeusement" à feu le petit canon.



Un canon méridien

De 1796 à 1914 il existait un tel canon méridien - objet d'attraction populaire - dans le jardin du palais royal. Ces petits canons se trouvent aujourd'hui dans les musées et chez les antiquaires.



Jardin du Palais Royal à Midi vrai Gravure de F.Marion 1868 (ahsoc.org)

Mystère pendant

Une petite croix de pierre, inclinée dans le plan méridien, est scellée au pied de la « pyramide » de l'abbé Dancel ; Les croix inclinées sont très inhabituelles, à plus forte raison dans le jardin d'un honorable ecclésiastique qui allait devenir évêque. L'examen de la croix ne m'a pas permis de tirer une conclusion, mais seulement une hypothèse : il est possible de réaliser un cadran solaire avec une croix dès lors que l'on assimile celle-ci un bloc gnomonique à 6 cadrans, tel que ce modèle (infra), que j'ai construit à l'échelle 1.



La croix et la maquette d'un bloc gnomonique en croix de même dimension avec ses lignes horaires

Dans ce cas, les tables des cadrans sont les faces latérales de la croix et les gnomons sont les arêtes des bras et du sommet ; ce sont des cadrans polaires dont les tables sont parallèles aux gnomons et à la ligne des pôles. Mais pour condition nécessaire il faut que le grand axe de la croix se trouve dans le plan méridien (ce qui est le cas ici) et que le plan des bras soit parallèle à l'équateur (ce qui n'est pas le cas).

L'œuvre étant inachevée, peut-on plaider une erreur du maçon lors de la construction ? Je ne peux croire à une erreur de Dancel...

Ce qui est certain en revanche c'est qu'un tel bloc, bien établi, aurait repris le principe du bloc de Lecoquière. Serions-nous devant un cas d'utilisation des cadrans polaires selon une représentation « ecclésiastique » ? Une sorte de challenge ou de clin d'œil de l'élève à son vieux maître ?

Conclusion

Si le bloc gnomonique réalisé par Lecoquière s'inscrit dans la créativité gnomonique des siècles précédents, par ses cadrans polaires à tables courbes, l'œuvre inachevée de Dancel visait la plus haute marche du perfectionnement de son époque. Ceci aurait en outre offert à la communauté un outil moderne pour le réglage des montres et horloges.

Je ne sais pourquoi ce projet n'a pas abouti et à quel moment l'usage du temps moyen a enfin pénétré le Cotentin et s'y est imposé. La Ville de Paris a elle abandonné le temps vrai et adopté le temps moyen en 1826.

Epilogue

Pour résumer la longue convergence entre la cosmographie et la détermination du temps dans la vie quotidienne, voici ci-après un tableau récapitulatif de l'introduction des progrès dans la mesure du temps et la détermination de l'heure.

Chronologie (Éléments tirés de <i>Histoire de l'heure en France</i> , Jacques Gapaillard 2011)	
Date	Événement
2 ^{ème} siècle	Claude Ptolémée distingue les deux principales composantes de l'équation du temps
13 ^{ème} siècle	Apparition de l'horloge mécanique en Europe
1372	Charles V dote Paris de la première horloge publique (tour de l'Horloge)
16 ^{ème} siècle	Apparition des premières montres
1735	Invention de la Méridienne de temps moyen par Grandjean de Fouchy
1760	Parution de l'ouvrage de Dom Bedos de Celles « La gnomonique pratique ou l'art de tracer les cadrans solaires »
1773/1782	Lecoquière construit le bloc gnomonique de Valognes
1805/ 1827	Dancel fait construire la « pyramide » de Valognes
1826	La ville de Paris abandonne l'heure solaire pour l'heure de temps moyen
1839	Les courriers postaux adoptent l'heure locale de temps moyen
1851	Apparition de l'heure du chemin de fer sur les lignes de la Compagnie de l'Est (Heure de temps moyen de Paris)
1891	Loi instituant en France et en Algérie une heure légale qui est l'heure de temps moyen de Paris
1892	Mise en place progressive des fuseaux horaires dans le monde
1910	Premiers signaux horaires émis par T.S.F. depuis la Tour Eiffel
1911	Abolition de l'heure des chemins de fer, adoption de l'heure de Greenwich comme heure légale.

C'est le télégraphe, permettant la transmission des signaux horaires des observatoires à la vitesse de la lumière, qui a rendu définitivement obsolètes les cadrans solaires et leurs ultimes perfectionnements (1910 : 1^{ère} émission depuis la Tour Eiffel).

Dominique BENEULT

Remerciements à Julien Deshayes, qui m'a fait connaître certain de ces objets, et à Jean Barros, Hugues Plaideux et Chantal Rouilloux qui m'ont fournis des informations biographiques.

Bibliographie

- BEDOS de CELLES F. *Gnomonique pratique, ou l'art de tracer les cadrans solaires*, chez Leonce Laget, 1978 (Fac-similé)
- GAPAILLARD Jacques, *Histoire de l'heure en France*, Vuibert, Adapt, 2011
- ROHR René R.J. *Les cadrans solaires*, Gauthier-Villars, 1965
- SAVOIE Denis, *Les cadrans solaire*, Belin, Pour la science, 2003
- SAVOIE Denis, "L'aspect gnomonique de l'œuvre de Fouchy : La méridienne de temps moyen", *Revue d'histoire des sciences*, Tome 61, 2008/1, p.41-62
- TREHET Olivier, *Le lycée de Valognes, 350 ans d'histoire*, Association du Lycée de Valognes, 2006
- ROUGE Michel, *Le gnomon de l'église Saint-Sulpice*, Paroisse Saint-Sulpice, Paris, 2006.

Autres sources :

- CAER L. *Cours magistral de cosmographie et de navigation*, 1966-1967
- Site internet
 - http://michel.lalos.free.fr/cadrans_solaires/ consulté le 02/05/2020
- Logiciel de calcul et de tracage des cadrans solaires :
 - <https://www.shadowspro.com/fr/index.html>
 - <https://www.mysundial.ca/phs/sundial.htm> consulté le 02/05/2020