

LE CADRAN SOLAIRE MOBILE

Le cadran solaire ordinaire ne donne pas l'heure civile, c'est à dire celle que nous recevons par T.S.F.

Pour connaître l'heure exacte en partant de l'heure donnée par un cadran solaire, il faut faire 3 corrections.

1^o correction : Nous vivons à l'heure d'été, soit une heure à ajouter

2^o correction : Chacun connaît les fuseaux horaires. Le temps est mesuré au méridien de Greenwich. Si nous sommes à l'est de ce Méridien le soleil passe par notre méridien avant d'arriver au méridien de Greenwich, et cette correction est à soustraire. En une heure le soleil se déplace de 15°. Si nous sommes à 5° Est du méridien de Greenwich la correction sera de 20 minutes.

Remarque : Ces deux corrections sont constantes. Il est donc possible de construire un cadran que j'appellerai "préadapté" sur lequel ce qui s'appelait midi s'appellera 1 heure moins vingt, etc. Un tel cadran donnera l'heure civile (T.S.F.) quatre fois par an avec exactitude.

3^o correction : Il s'agit d'une correction variable avec la date. Elle provient de ce que la terre n'a pas une vitesse constante dans son mouvement autour du soleil. Cette question relève de l'astronomie en application des lois de Kepler etc.

Cette correction est donnée au tableau ci-dessous.

On lit que l'écart maximum est de 17 minutes, en avance ou en retard.

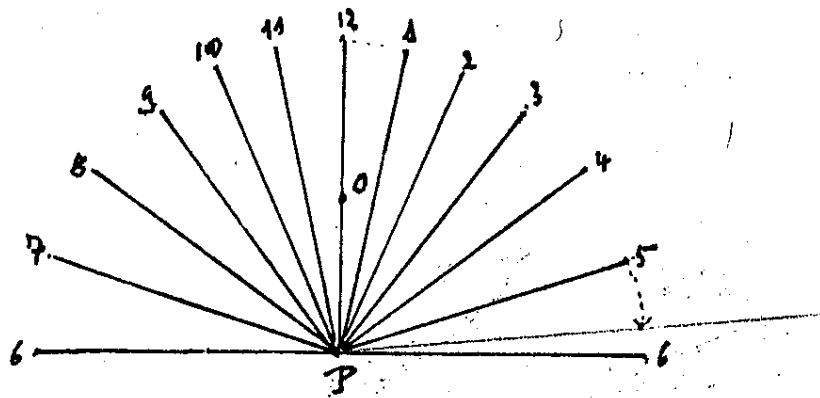
Conclusion : Un cadran solaire préadapté donne l'heure T.S.F. avec une précision de 17 minutes.

VALEUR MOYENNE DE L'ÉQUATION DU TEMPS EN MINUTES (A MIDI VRAI)

Jours	JAN.	FEB.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
1	+ 3,4	+ 13,6	+ 12,5	+ 4,1	- 2,8	- 2,3	+ 3,6	+ 6,3	+ 0,2	- 10,1	- 16,3	- 11,2
2	3,9	13,7	12,3	3,8	3,0	2,2	3,8	6,2	- 0,1	10,4	16,4	10,8
3	4,3	13,8	12,1	3,5	3,1	2,0	4,0	6,2	0,5	10,8	16,4	10,4
4	4,8	13,9	11,9	3,2	3,2	1,9	4,2	6,1	0,7	11,1	16,4	10,0
5	5,2	14,0	11,7	2,9	3,3	1,7	4,4	6,0	1,1	11,4	16,4	9,6
6	5,7	14,1	11,5	2,6	3,4	1,5	4,6	5,9	1,5	11,7	16,3	9,2
7	+ 6,1	+ 14,2	+ 11,2	+ 2,3	- 3,4	- 1,3	+ 4,7	+ 5,8	- 1,8	- 12,0	- 16,3	- 8,8
8	6,5	14,2	11,0	2,1	3,5	1,2	4,9	5,7	2,1	12,3	16,3	8,3
9	6,9	14,3	10,7	1,8	3,6	1,0	5,0	5,5	2,5	12,6	16,2	7,9
10	7,3	14,3	10,5	1,5	3,6	0,8	5,2	5,4	2,8	12,8	16,1	7,5
11	7,8	14,3	10,2	1,2	3,7	0,6	5,3	5,2	3,2	13,1	16,0	7,0
12	8,2	14,3	10,0	0,9	3,7	0,4	5,4	5,1	3,5	13,4	15,9	6,5
13	+ 8,5	+ 14,3	+ 9,7	+ 0,7	- 3,7	- 0,2	+ 5,6	+ 4,9	- 3,9	- 13,6	- 15,8	- 6,1
14	8,9	14,3	9,4	0,4	3,7	0,0	5,7	4,7	4,2	13,8	15,6	5,6
15	9,3	14,2	9,1	+ 0,2	3,7	+ 0,2	5,8	4,5	4,6	14,1	15,5	5,1
16	9,6	14,2	8,9	- 0,1	3,7	0,4	5,9	4,3	5,0	14,3	15,3	4,6
17	9,9	14,1	8,6	0,2	3,7	0,7	6,0	4,1	5,3	14,5	15,1	4,1
18	10,3	14,0	8,3	0,5	3,7	0,9	6,1	3,9	5,5	14,7	14,9	3,6
19	+ 10,6	+ 13,9	+ 8,0	- 0,7	- 3,6	+ 1,1	+ 6,2	+ 3,7	- 6,0	- 14,9	- 14,7	- 3,2
20	10,9	13,8	7,7	0,9	3,6	1,3	6,2	3,5	6,4	15,1	14,5	2,7
21	11,2	13,7	7,4	1,2	3,5	1,5	6,3	3,2	6,7	15,2	14,3	2,2
22	11,5	13,6	7,1	1,4	3,5	1,7	6,3	3,0	7,1	15,4	14,0	1,7
23	11,8	13,5	6,8	1,6	3,4	2,0	6,4	2,8	7,4	15,6	13,7	1,2
24	12,0	13,4	6,5	1,8	3,3	2,2	6,4	2,5	7,8	15,7	13,4	0,7
25	+ 12,3	+ 13,2	+ 6,2	- 1,9	- 3,2	+ 2,4	+ 6,4	+ 2,2	- 8,1	- 15,8	- 13,1	- 0,2
26	12,5	13,1	5,9	2,1	3,1	2,6	6,4	1,9	8,4	15,9	12,9	+ 0,3
27	12,7	12,9	5,6	2,3	3,0	2,8	6,4	1,7	8,8	16,0	12,5	0,8
28	12,9	12,7	5,3	2,4	2,9	3,0	6,4	1,4	9,1	16,1	12,2	1,3
29	13,1		5,0	2,6	2,8	3,2	6,4	1,1	9,5	16,2	11,9	1,8
30	13,3		4,7	2,7	2,6	3,4	6,4	0,8	9,8	16,3	11,5	2,3
31	+ 13,4		+ 4,4		- 2,5		+ 6,3	+ 0,5		- 16,3		2,8

D'après « les Éphémérides Nautiques pour l'an 1963 ».

Ci dessous j'ai dessiné un cadran solaire gradué en heures



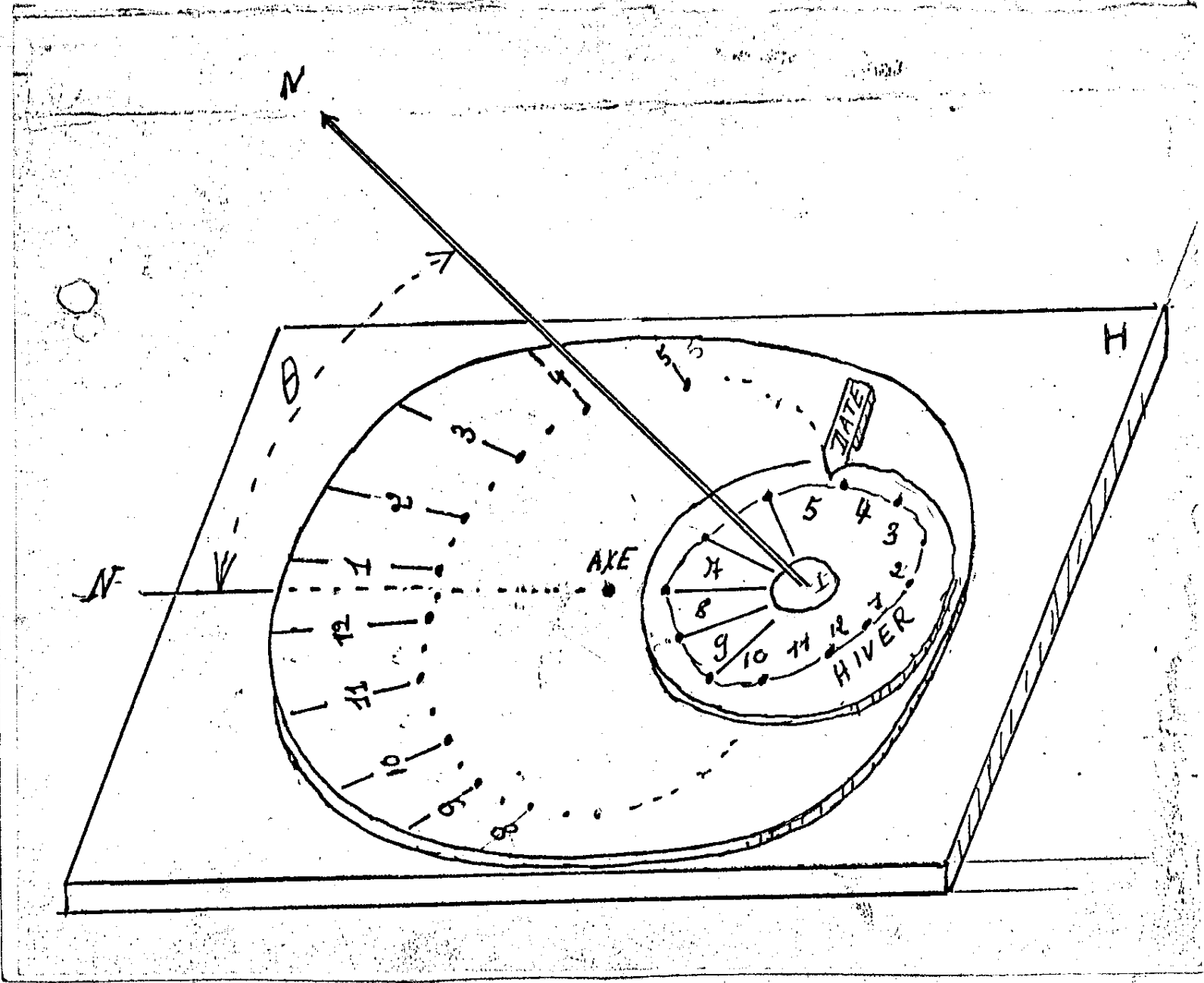
La première idée qui vient pour faire avancer ou reculer l'heure lue sur ce cadran, est de le faire tourner autour du point P pied du style.

Comme les angles horaires augmentent de midi à 6 heures, on voit immédiatement que si 12 heures s'est déplacé sur 1 heure, 5 heures ne se présente pas ur 6 Heures.

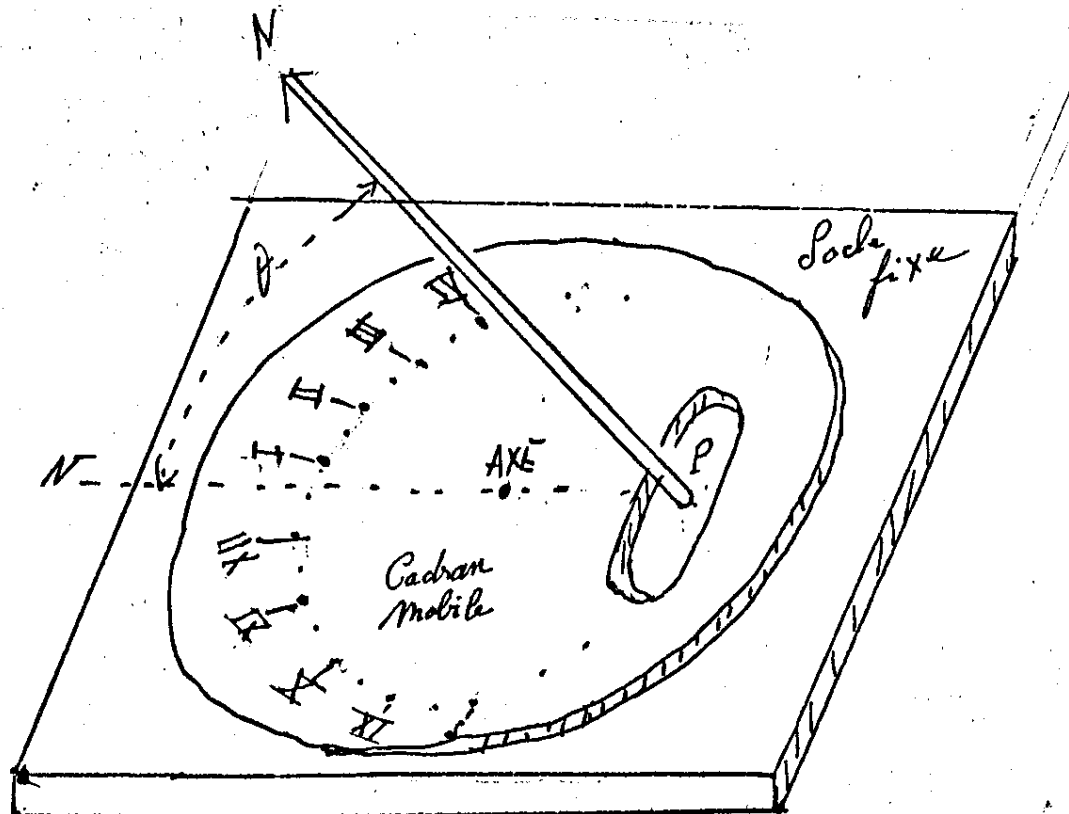
Les choses se passent autrement si nous choisissons un axe de rotation sur la ligne P. 12 soit en O.

Pour réaliser mécaniquement cette rotation, il faut libérer le cadran de son pied en y faisant une ouverture suffisante.

Ci-dessous représentation du cadran mobile complet.



Ci-dessous représentation du cadran mobile sans sa platine et montrant le trou dont j'ai parlé plus haut.



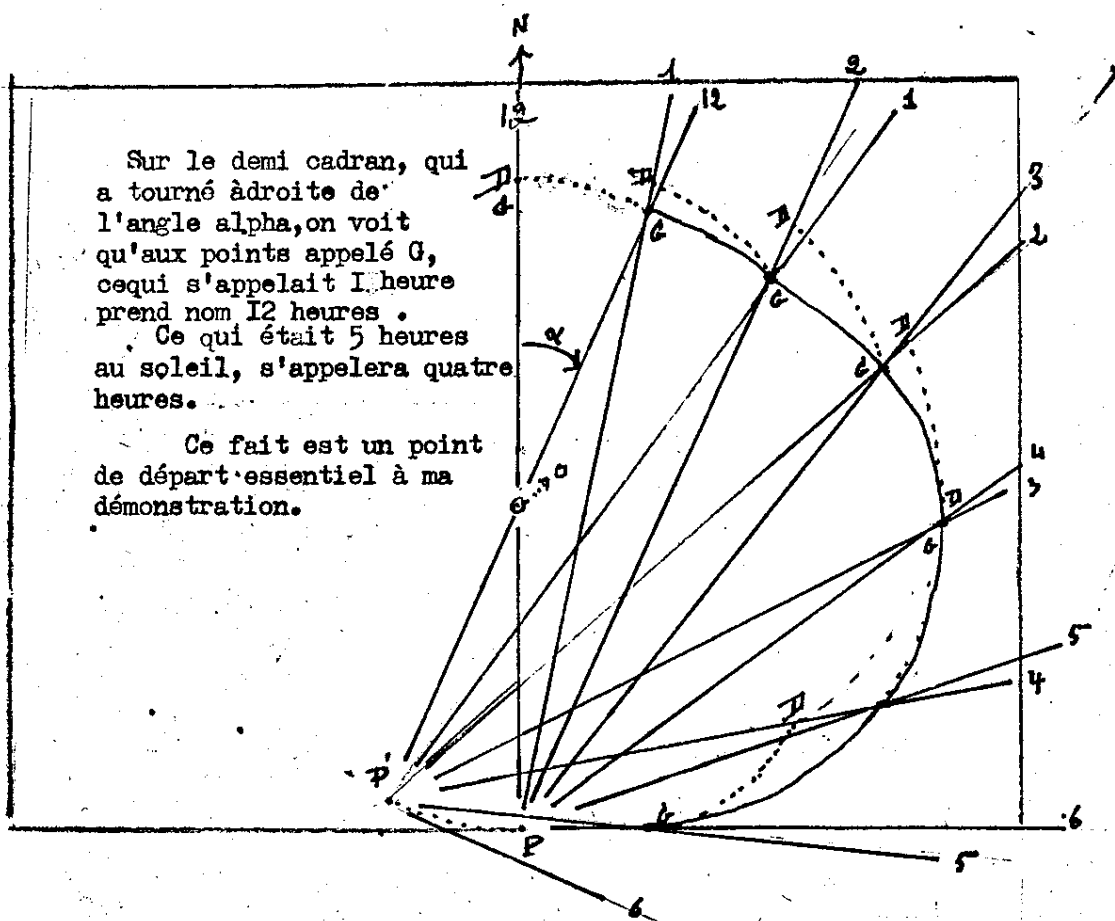
Description de l'instrument.

Le socle est fixe. Le style P.N. est fixé dans le socle. Le cadran qui porte les indications de temps est mobile autour d'un axe. A cet effet une ouverture au pied du cadran mobile permet son déplacement d'un petit angle, à droite et à gauche.

On conçoit que si l'on fait tourner le cadran mobile vers la droite, on fait retarder l'heure lue au cadran. Si nous tournons le cadran vers la gauche on fait avancer l'heure donnée par le soleil.

Démonstration

Pour la commodité de l'exposé, nous ferons tourner le cadran mobile d'une heure, alors que 17 minutes suffisent pour répondre aux exigences de l'équation de temps.



Sur le demi cadran, qui a tourné à droite de l'angle alpha, on voit qu'aux points appelés G, ce qui s'appelait 1 heure prend nom 12 heures.

Ce qui était 5 heures au soleil, s'appellera quatre heures.

Ce fait est un point de départ essentiel à ma démonstration.

Les choses se passent comme si on tournait vers la droite le cadran d'une horloge, les aiguilles restant fixes.

Toutefois, les indications du cadran ne sont plus dans notre cas, reportées sur une circonférence, mais sur une courbe indiquée par la suite des points G. ou D.

Remettons les deux cadrans en coincidence par une rotation à gauche de l'angle alpha.

Tous les points G viendront en D, car par construction tous les angles G O D sont égaux et valent alpha.

Faisons maintenant abstraction, par la pensée du cadran mobile.

On voit que par rotation à droite, tous les points D. conviennent.

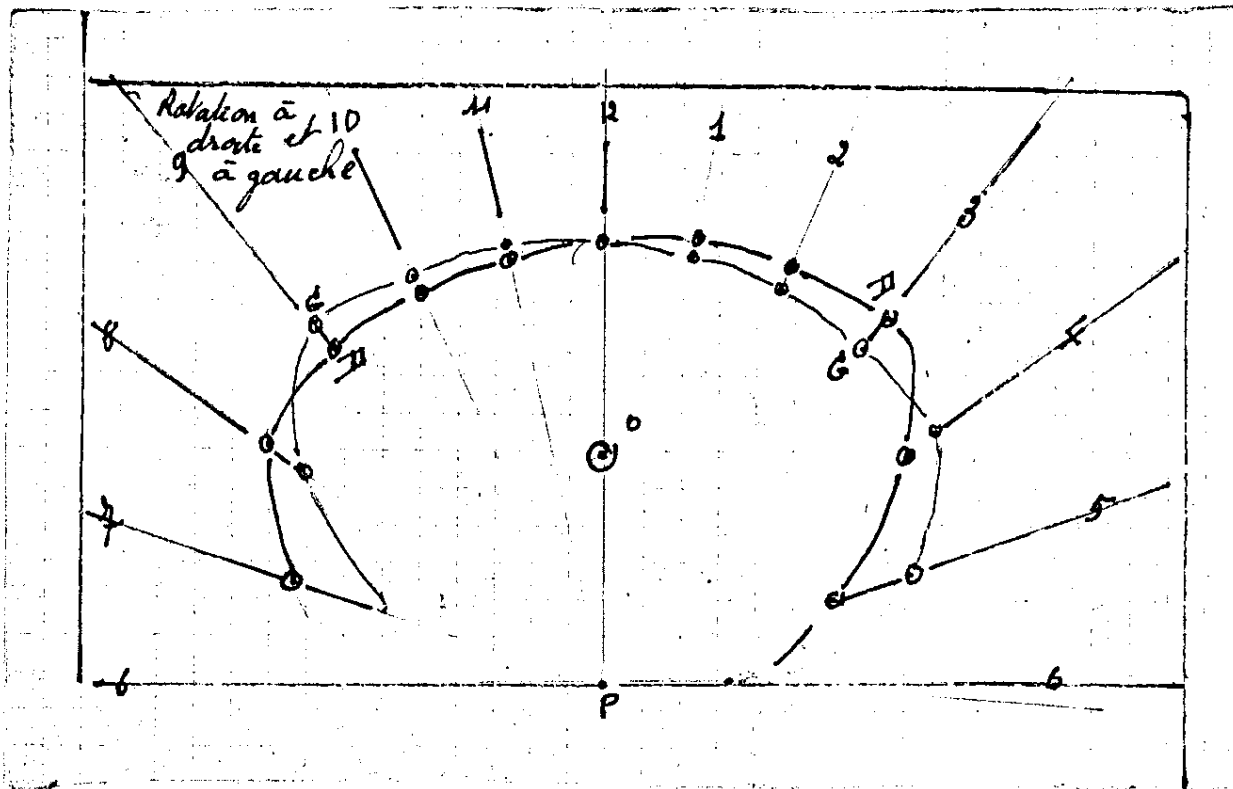
On voit que tous les points G conviennent pour une rotation à gauche.

Conclusion : Il existe deux courbes, une qui convient pour les rotations à gauche et une autre qui convient pour les rotations à droite.

Nous les avons tracées. Rien d'empirique dans cette démonstration dont tous les éléments sont réalisables à la règle et au compas, et qu'on peut aussi calculer par la géométrie analytique.

Si nous répétons les constructions pour une rotation du cadran mobile vers la gauche, nous obtiendrons une figure symétrique de la précédente.

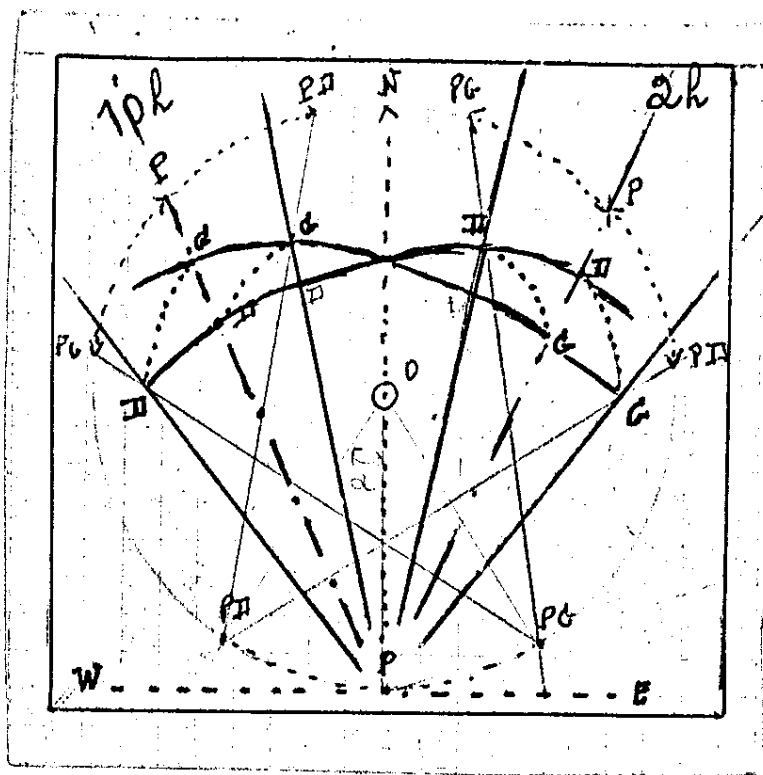
Les deux courbes se présentent comme indiquées au croquis ci-dessous.



Nous avons supprimé les lignes de constructions, parce que dans notre cadran solaire, les lectures ne se font plus suivant des lignes mais sur des points.

Pour les incrédules, on trouvera page suivante un croquis qui étudie uniquement la rotation à droite et à gauche de la ligne horaire de 10 heures et de la ligne de 2 heures qui lui est symétrique.

Toutes les lignes qui ont servi à la construction sont indiquées.



Division des heures

Pour indiquer le point correspondant à 10 heures 30, il suffira de tracer la ligne horaire IOH 30, et de noter son point de recoupe avec les courbes G, et D. Si l'on veut plus de précision, il faut faire tourner la ligne horaire de l'angle alpha, jusqu'à sa rencontre avec la ligne IIIH 30, noter le point et revenir en arrière.

Si l'on adoptait l'angle alpha demi on ferait une erreur. A une rotation alpha demi correspond un autre système de courbes G et D.

Usage du petit cadran servant à mettre l'instrument à la date

Ce petit cadran est figuré page 2.

La butée est solidaire du cadran mobile.

En P se trouve un axe de rotation solidaire du socle fixe.

Sur le petit cadran, qui peut tourner autour de P, sont indiqués les points de date qui correspondent à la correction angulaire demandée par l'équation de temps.

La position de ces points se détermine par points.

C O N C L U S I O N

Il est mathématiquement possible de construire un cadran solaire mobile, qui donnera l'heure civile exacte, même si ce cadran doit fonctionner à l'heure normale et à l'heure d'été

Il faut faire les lectures sur deux courbes.

La construction technique d'un tel cadran (pas encore réalisé) est un problème mineur. Il suffit de donner une couleur différente aux deux courbes, et de marquer sur le petit cadran dateur, les points qui correspondent à rotation droite et gauche avec les mêmes couleurs.

Remarque

L'idée choc, qui m'a permis d'établir cette démonstration revient à Monsieur R.J. Rohr qui m'écrivait le 23 Janvier 69.

" Le fait pourtant très important que la courbe est disymétrique, tend à faire supposer, que votre suggestion n'a probablement qu'une valeur empirique. "

Les considérations qui suivent n'ont plus une valeur exactement mathématique. Dans l'état actuel de mon étude, il s'agit " d'à peu près "

Comment tracer les deux courbes

Voir le croquis page suivante.

Il faut d'abord disposer d'un cadran préadapté à la longitude et latitude, gradué au quart d'heure. Le dessin sera précis, mettez y du soin.

Ce cadran étant dessiné sur papier blanc, faites en un calque. Les deux cadrans étant en coïncidence, choisissez un axe de rotation sur la ligne N.S., que vous matérialisez avec une punaise.

On fait tourner le calque, mettons vers la gauche, avec un angle suffisant pour que toutes les lignes horaires se croisent.

On pique avec une épingle, tous ces points de rencontre sur le calque et le papier blanc.

On remet les cadrans en coïncidence et on pique sur le papier blanc tous les points précédemment marqués sur le calque.

On joint les points, les deux courbes sont tracées.

Les heures au cadran blanc sont celles données par le soleil. Les heures au cadran mobile (calque) sont celles que nous voudrions lui faire dire.

Discussion sur l'angle de rotation alpha.

La distance qui sépare les deux courbes, varie avec l'angle de rotation. Elle est plus faible pour une rotation d'un quart d'heure que pour une demi heure.

Pour un déplacement d'un quart d'heure, si l'angle de rotation est trop petit, on trouvera pas de points de recoupe.

L'angle alpha minimum est connu puisqu'il faut que la ligne 5H 45 vienne recouper la ligne de 6 heures du cadran blanc.

Pratiquement, on choisit l'angle de rotation alpha, de manière à ce que les courbes aient bonne allure, pour la mise en page du cadran.

Comme notre propos est de nous servir d'une seule courbe, on évitera de choisir un grand angle alpha.

Erreur si on lit sur la mauvaise courbe

Cette erreur est petite, surtout si la distance entre les deux courbes est faible. Il convient de s'en rendre compte.

A cette fin, étudions cette question pour une rotation d'une demi heure.

On voit sur la figure, que si l'on choisit la mauvaise courbe, il sera 9 heures au cadran mobile quand G' aura atteint D'.

Les angles O G D et O G' D' sont presque égaux, de sorte que l'erreur est petite. Cette erreur a pour valeur l'angle D P G D'.

Cette constatation est intéressante parce que nous nous proposons de nous servir d'une seule courbe.

Cadran mobile à une seule courbe

Sur le calque et sur le cadran blanc, les points pour les quarts d'heure sont indiqués pour la courbe valable pour rotation à gauche.

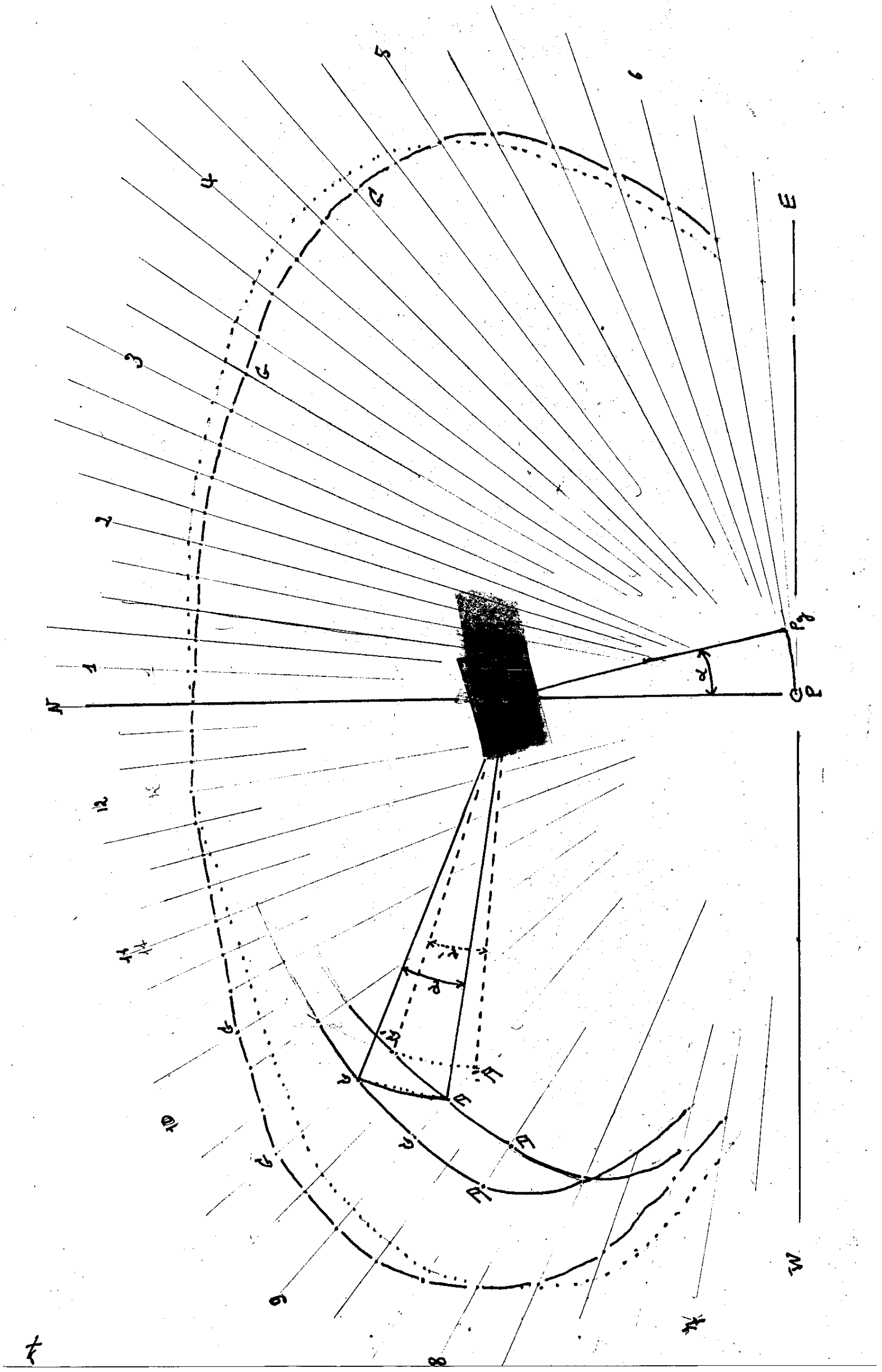
C'est uniquement cette courbe que nous utiliserons :

Lorsque les cadrans coïncident, il n'y a évidemment pas d'erreur.

Lorsque le cadran mobile a tourné d'un quart d'heure vers la gauche, avec la précision mathématique, nous aurons fait retarder les lectures au cadran mobile d'un quart d'heure. Nous sommes sur la bonne courbe.

Remettons les cadrans en coïncidence, puis par rotation à droite, utilisons la même courbe, qui nous le savons, ne convient pas pour rotation à droite.

On constate que les points de quart d'heure, se mettent à très peu près, à leur place désirable, et ce pour toutes les heures du cadran.



8

Géométriquement parlant, ils ne se mettent pas à la place désirée, mais l'approximation est excellente, une à deux minutes, erreur visible et contrôlable à l'œil.

On remarquera qu'il est probable que le cadran a tourné à droite d'un angle un peu différent de l'angle alpha.

Conclusions.

Le procédé à une courbe est inexact mais efficace. L'erreur n'augmente pas théoriquement avec les dimensions du cadran.

Le modèle du croquis a été réalisé pour Thuin sur un cadran octogonal de 34 centimètres de diamètre pour le cercle inscrit.

Le cadran solaire préadapté

Comme cette étude a été faite pour me convaincre moi-même, et que j'espère elle intéressera un curieux qui voudrait se construire son cadran mobile, je donne ci-dessous des indications très utiles.

Pour la théorie du cadran solaire, je conseille de s'en référer au livre de Monsieur Rohr.

Fevrier 1930
4 rue Ste Croix Liege
S. Lohrey