

*G. Fort*

# **je construis mon cadran solaire**

par Gérard OUDENOT



## **je construis mon cadran solaire**

### **introduction**

par Gérard OUDENOT

L'ombre d'un objet, un arbre par exemple, se déplace constamment au cours de la journée. Sous nos latitudes, le matin l'ombre est dirigée à peu près vers l'ouest (plus ou moins suivant l'époque de l'année); au fur et à mesure que s'écoule la matinée, elle diminue de longueur et se déplace vers le nord, qu'elle indique lorsqu'elle passe par son minimum, puis s'allonge ensuite et se déplace vers l'est.

Cette constatation évidente a permis la première mesure du temps en repérant les positions de l'ombre au cours de la journée.

Malheureusement, la mesure du temps n'est pas aussi simple que ce que nous venons de dire pourrait le laisser penser. Si nous notons de façon précise la position de l'ombre à un instant déterminé et si, le lendemain, nous refaisons cette expérience au même instant de la journée, nous constatons que la direction de l'ombre a très légèrement varié. Ce phénomène, que nous expliquerons plus tard, rend imprécise la définition d'une heure à partir du mouvement de l'ombre d'un objet quelconque. Néanmoins cette méthode a été utilisée vraisemblablement depuis l'apparition de l'homme sur cette planète jusqu'à l'invention du cadran solaire.



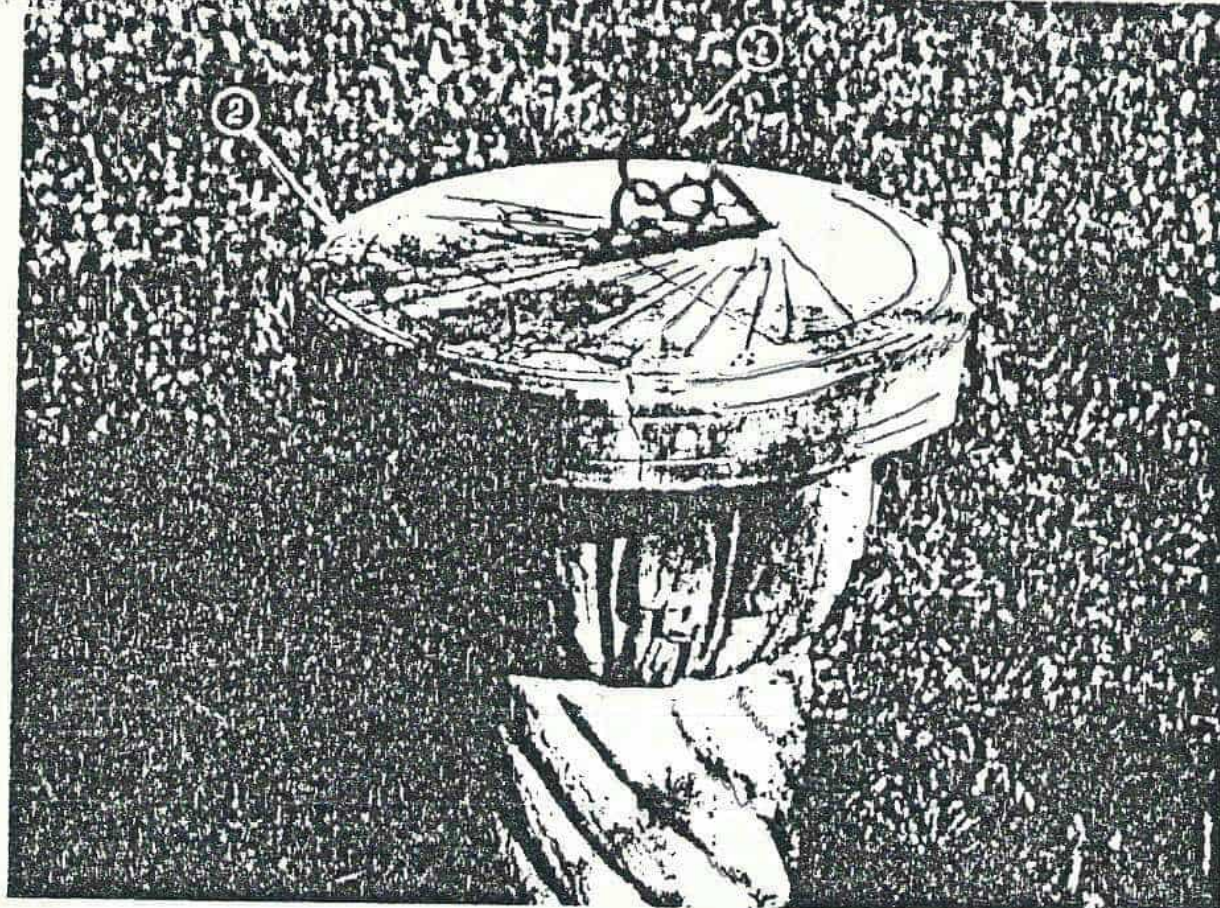


Fig. 1. — Cadran Incliné, à Saint-Jean-de-Luz. Ce cadran, très peu incliné, était à l'origine, en 1839, un cadran horizontal situé à Avallon. Transporté à Saint-Jean-de-Luz, lieu dont la latitude est de  $4^{\circ}$  plus faible que celle d'Avallon, il fallait modifier l'inclinaison du style 1 (et donc de la table 2, puisque l'un et l'autre sont solidaires) de  $4^{\circ}$  pour qu'il reste parallèle à l'axe terrestre. Compte tenu de cette légère modification, il indique l'heure exactement de la même façon à Saint-Jean-de-Luz, qu'il le faisait à Avallon.

Qu'est-ce donc qu'un cadran solaire ?

Un cadran solaire (fig. 1) est un instrument qui sert à déterminer l'heure grâce au Soleil. Il se compose d'un style, c'est-à-dire une ligne qui porte ombre et d'une table, qui reçoit l'ombre du style ; sur cette table sont notées des inscriptions. Nous préciserons ces notions un peu plus loin.

Les premiers cadrans solaires n'étaient qu'une version améliorée de l'arbre que nous avons pris pour exemple et les heures qu'ils donnaient n'étaient pas régulières. Leur origine est très imprécise, un certain nombre d'auteurs s'accordent pour considérer Anaximandre, qui vivait au VI<sup>e</sup> siècle avant J.-C., comme l'inventeur du cadran solaire ; mais la Bible parle d'un cadran

ayant appartenu au roi Achaz, un siècle plus tôt, et les Chinois prétendent qu'ils employaient déjà des cadrans à l'époque de l'empereur Yao, 24 siècles avant J.-C.

Nous n'essayerons pas de résoudre ce problème, d'autant plus que les cadrans solaires qui vont nous intéresser ici ne sont vraisemblablement pas antérieurs au treizième siècle.

Nous ne nous occuperons que des cadrans solaires qui donnent ce qu'on appelle l'heure solaire vraie, c'est-à-dire les cadrans qui permettent de passer facilement de la lecture de la position de l'ombre à l'heure donnée par une montre.

Pour de tels cadrans, le style est parallèle à l'axe terrestre. C'est



grâce à cette particularité que le cadran peut indiquer des heures égales pour des journées différentes. Le style peut être réel ou fictif, ce qui veut dire qu'il peut être matérialisé par une tige, ou l'arête d'une plaque métallique, par exemple, ou qu'au contraire il peut ne matérialiser qu'un point de l'axe terrestre, par exemple l'extrémité d'une tige ou le trou d'un œilleton.

La table du cadran est généralement plane, mais elle peut avoir n'importe quelle forme ; le cadran que nous allons construire a justement une table qui est cylindrique. La table porte un tracé qui est essentiellement composé par les lignes horaires et souvent les cour-

bes de déclinaison, ou arcs diurnes, 3 qui sont les courbes correspondant à la trajectoire de l'ombre d'un point du style au cours d'une même journée.

Il existe bien des variétés de cadrans solaires, comme les cadrans horizontaux, les cadrans inclinés, les cadrans verticaux, les cadrans équatoriaux, etc.

Les noms donnés à ces divers cadrans proviennent de la position de leur table ; par exemple : « cadran horizontal » signifie que la table de ce cadran est plane et située dans un plan horizontal. Parmi les types de cadrans cités ici, seul le cadran équatorial (fig. 3) semble s'éloigner de cette défini-

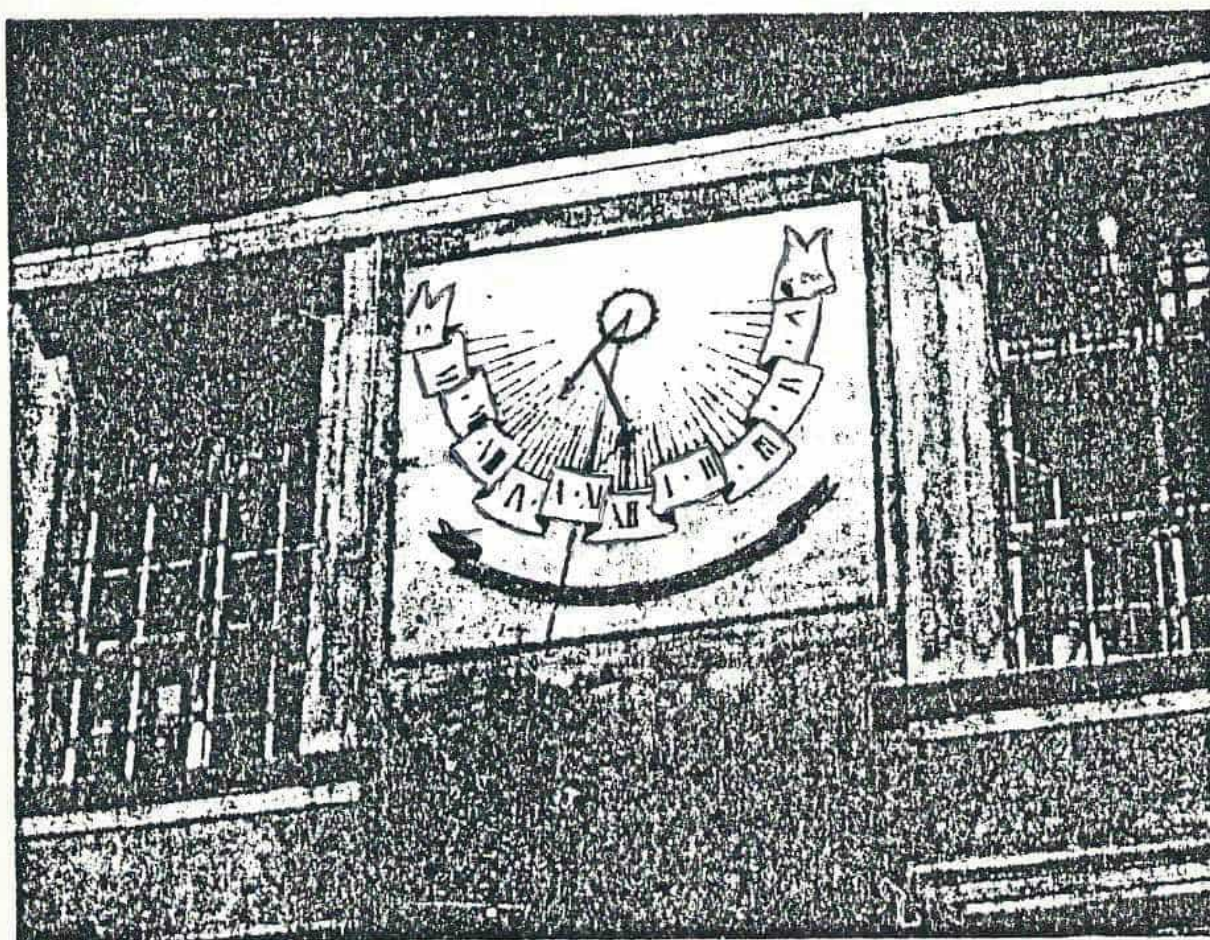
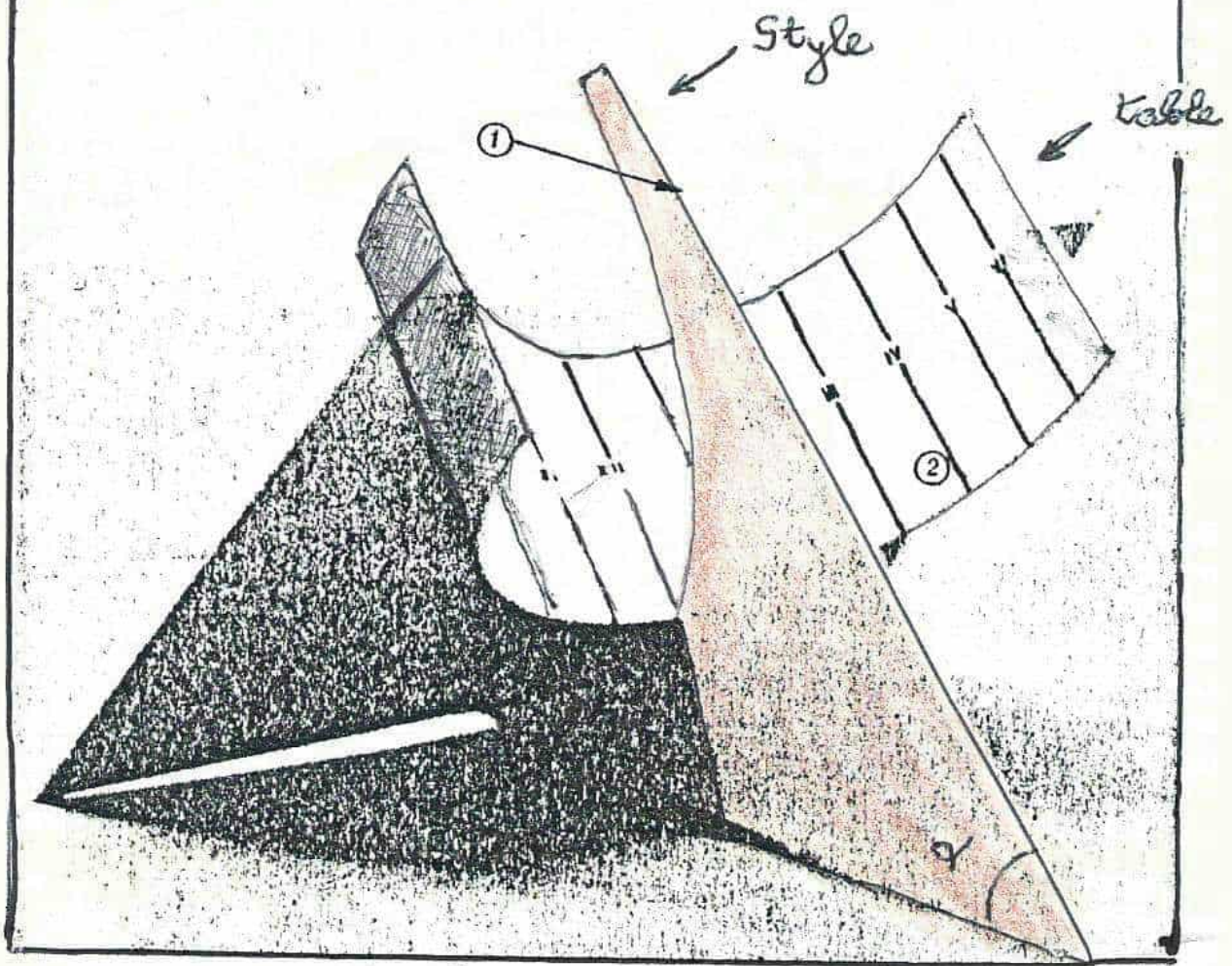


Fig. 2. — Cadran vertical de la cathédrale de Ljubljana, en Yougoslavie. (Cliché Michel Dumont). Ce type de cadran, très fréquent sur les monuments des siècles derniers, est d'une construction assez délicate. Remarquez les lignes horaires qui ne sont pas symétriques par rapport à la ligne de midi : c'est un cadran vertical déclinant.





$\phi$  = latitude du lieu

Fig. 3. — Cadran équatorial portatif. Ce cadran est celui que nous allons réaliser. Remarquez sa table 2, très différente de celle des autres cadrans présentés ici, puisqu'elle est constituée d'une portion de cylindre à section circulaire axé sur le style 1. Sur cette table on distingue quelques lignes horaires qui sont, comme nous l'avons indiqué, des segments de droites équidistants.

tion. En fait vous pouvez imaginer que sa table est une circonférence située dans le plan de l'équateur (donc perpendiculaire au style) et qu'on a prolongé cette circonférence de part et d'autre, pour rendre la lecture du cadran plus aisée, ce qui a abouti à une table cylindrique.

Nous allons nous intéresser tout particulièrement au cadran équatorial parce qu'il est le plus simple de tous. Son style n'a rien de particulier, par contre sa table qui est

cylindrique porte des lignes horaires qui sont tout simplement des génératrices du cylindre, c'est-à-dire des segments de droites, équidistants les uns des autres et les arcs diurnes sont des sections circulaires.

Il est donc très facile de tracer la table de ce cadran. Réfléchissez-y et essayez vous-même, et si vous ne trouvez pas, nous verrons comment faire la prochaine fois.

G. O.



## je construis mon cadran solaire\* réalisation du cadran équatorial

par Gérard OUDENOT

Le cadran équatorial que nous allons construire se compose de trois parties (fig. 1). Ces trois par-

ties se découpent dans une feuille de carton mince (de la cartoline par exemple) ; elles sont assem-

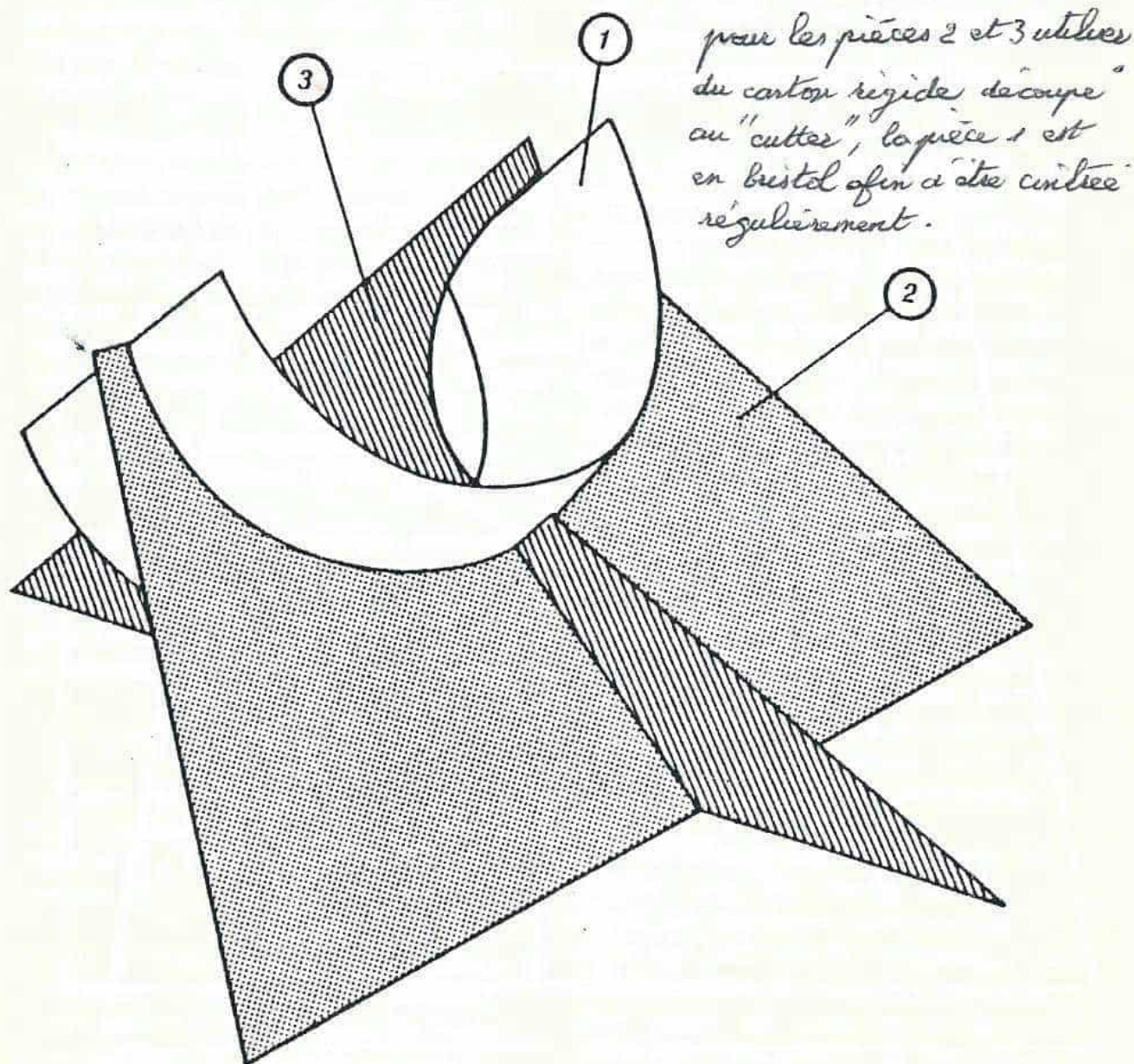


Fig. 1 — Schéma du cadran équatorial assemblé.

(\*) Vous trouverez le premier article de cette série dans la Revue n° 25, p. 50.

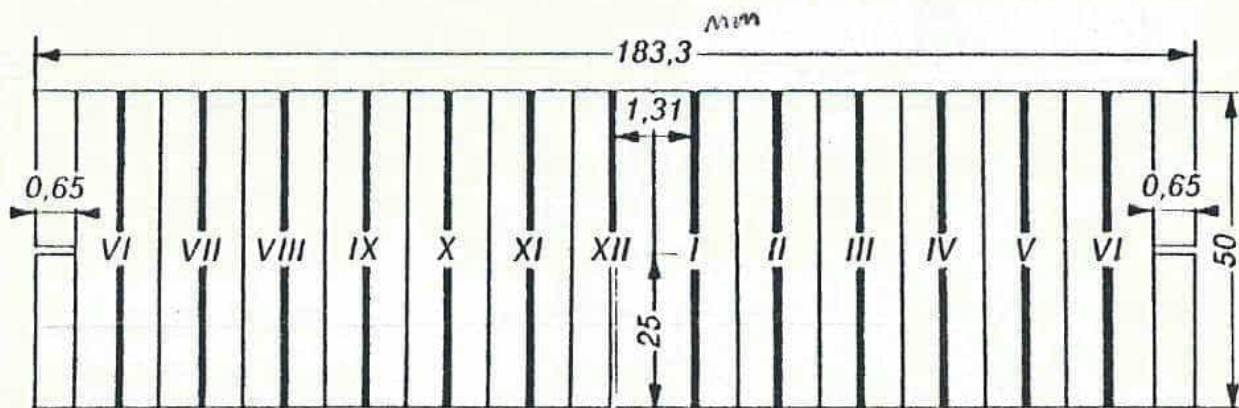


Fig. 2 — La pièce 1, ou table du cadran.  
Les cotes de cette pièce, ainsi que des pièces 2 et 3, sont données en millimètres.  
La largeur des trois fentes doit être égale à l'épaisseur du carton.

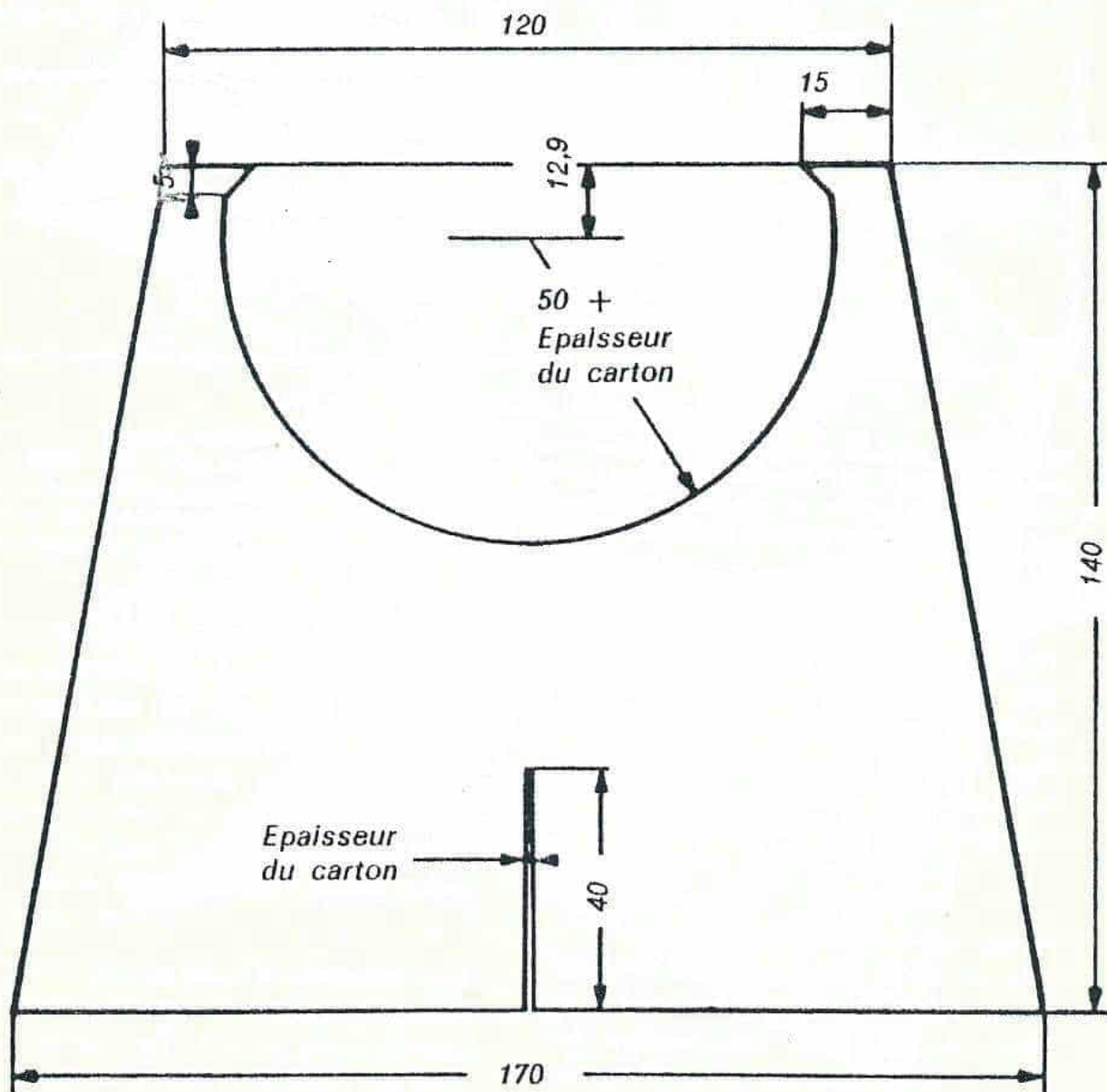


Fig. 3 — La pièce 2 du cadran.



blées sans collage ni éléments supplémentaires, ce qui rend le montage extrêmement simple.

Quelle que soit la latitude du lieu pour lequel on désire réaliser ce cadran, les pièces 1 et 2 sont les mêmes, par contre la pièce 3 dépend de la latitude.

Commençons par tracer la pièce 1 telle qu'elle est décrite à la figure 2 et portons les heures, tous les 1,3 cm, et les demi-heures, tous les 0,65 cm. Il n'est pas conseillé de descendre en-dessous de la demi-heure ; en effet, plus le nombre de lignes augmente et moins la lecture devient aisée.

Remarquons que les dimensions de cette pièce, ainsi que celles des deux autres, sont données avec une très grande précision ; cette précision est inutile pour nous et n'est fournie que pour ceux qui désiraient réaliser ce cadran à une échelle beaucoup plus grande.

La pièce 1 étant terminée, découpons la et mettons la de côté.

La pièce 2 ne présente aucune difficulté, il suffit de reproduire très exactement la figure 3. Sur le côté droit de cette pièce, écrivons la relation :

$$T_L = T_S + E + L + 1 h$$

Cette relation nous servira plus tard à passer de l'heure lue sur le cadran ( $T_S$ ) à l'heure lue sur une montre ( $T_L$ ).

Sur le côté gauche, reproduisons la figure 4 (à la même échelle). Nous verrons ce que signifie cette courbe dans le prochain chapitre.

Cette pièce est donc terminée, découpons la et conservons la avec la pièce 1.

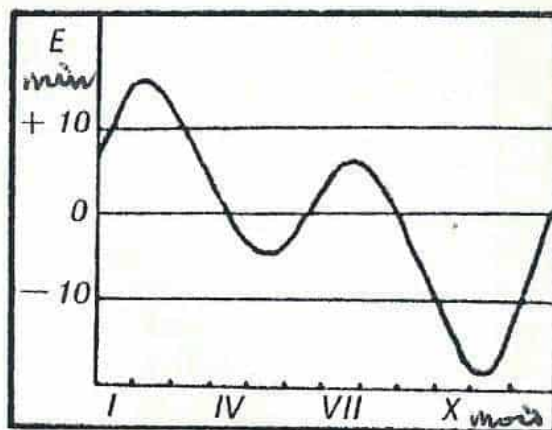


Fig. 4 — Cette courbe s'appelle « l'équation du temps » ; sa signification nous apparaîtra dans le prochain chapitre.

(équation signifie égalisation)

La pièce 3 va nous donner un peu plus de difficultés que les deux précédentes. Si vous habitez Paris, il vous suffit de reproduire la figure 5, avec  $X = 111,1$  mm ; mais si vous habitez une autre ville que Paris,  $X$  aura une valeur dépendant de la latitude de cette ville. Supposons, par exemple, que cette latitude soit égale à  $45^\circ$  ; vous lisez dans la table de la figure 5 en face de  $45^\circ$  ;  $X = 127,1$  mm ; ce qui vous permet de tracer la pièce 3.

Plaçons nous maintenant dans le cas le plus général où vous ignorez la latitude de l'endroit où vous avez l'intention de construire votre cadran ; il faut alors la déterminer.

Pour cela prenons une carte Michelin ; sur les bords gauche et droit, les latitudes sont portées de 0,20 en 0,20 grade. Regardons la position de notre site sur la carte, une règle de trois nous permet d'évaluer facilement la latitude à quelque centièmes de grade, ce qui est plus que suffisant. Cette latitude est encadrée, dans la table, par deux valeurs ; une nouvelle règle



gle de trois nous permettra de déterminer la valeur de X correspondante.

Par exemple supposons que nous ayons trouvé, à partir de la carte Michelin, que notre ville est située à la latitude de 54,64 gr ; nous lisons dans la table :

pour  $l = 54,44$  gr  $X = 110,5$  mm  
pour  $l = 55$  gr  $X = 108,6$  mm

donc  $55 - 54,44 = 0,56$  gr équivaut à  $110,5 - 108,6 = 1,9$  mm ; d'où :

$$X = 110,5 - \frac{(54,64 - 54,44) \times 1,9}{0,56}$$

$$X = 109,8 \text{ mm}$$

Il ne reste donc plus qu'à tracer la pièce 3 en utilisant cette valeur.

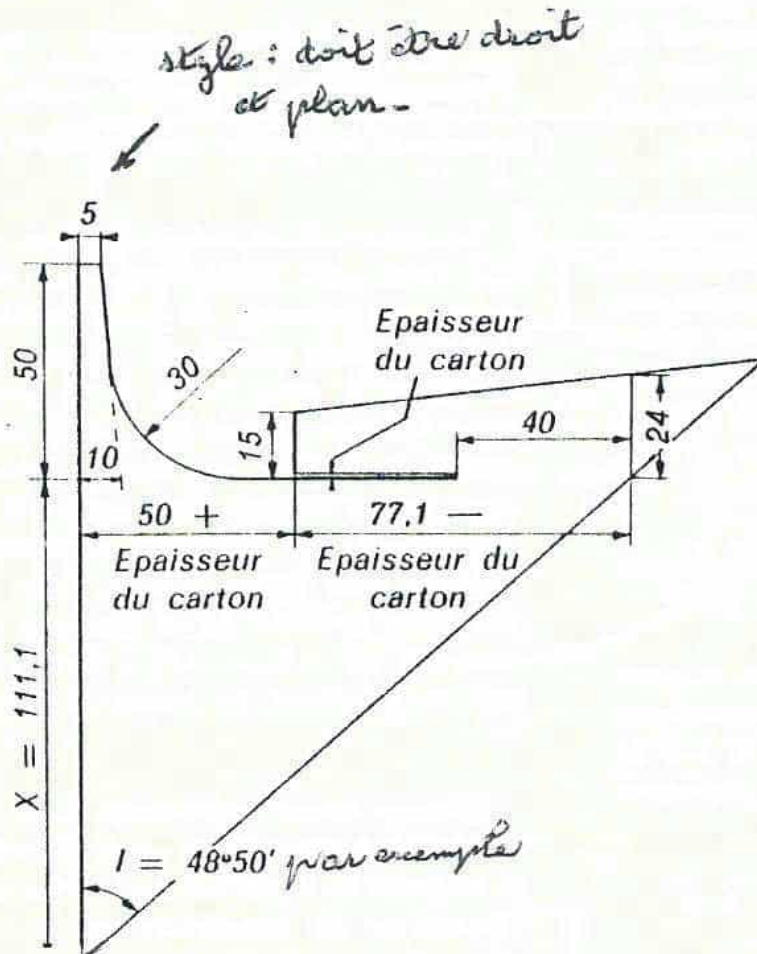


Fig. 5 — La pièce 3.

Cette pièce varie suivant la latitude ; cette variation est due à l'angle marqué  $l$ , qui doit être égal à la latitude du lieu. Remarquons que cet angle figure sur le schéma uniquement à titre indicatif et n'est pas utile au tracé de la pièce. Ce qui est utile, c'est la valeur de  $X$ .

Le tableau donne dans sa première colonne la latitude en degrés, pour des lieux situés en France. La deuxième colonne convertit ces degrés en grades (les cartes Michelin donnant la latitude en grades). La troisième colonne donne, pour une latitude déterminée, la valeur de  $X$  correspondante.

l (latitude du lieu)		X
en degrés	en grades	en milli-mètres
40°	44,44	151,5
40° 30'	45	148,8
41°	45,56	146,2
41° 30'	46,11	143,7
42°	46,67	141,2
42° 30'	47,22	138,7
43°	47,78	136,3
43° 30'	48,33	133,9
44°	48,89	131,6
44° 30'	49,44	129,3
45°	50	127,1
45° 30'	50,56	124,9
46°	51,11	122,7
46° 30'	51,67	120,6
47°	52,22	118,5
47° 30'	52,78	116,5
48°	53,33	114,4
48° 30'	53,89	112,5
49°	54,44	110,5
49° 30'	55	108,6
50°	55,56	106,7
50° 30'	56,11	104,8
51°	56,67	102,9
51° 30'	57,22	101,1
52°	57,78	99,3

Les trois pièces sont maintenant prêtes à être assemblée ; le montage, très simple, s'effectue de la

façon indiquée par la suite des opérations des figures 6 à 12.

*On peut vérifier l'angle avec un rapporteur.*



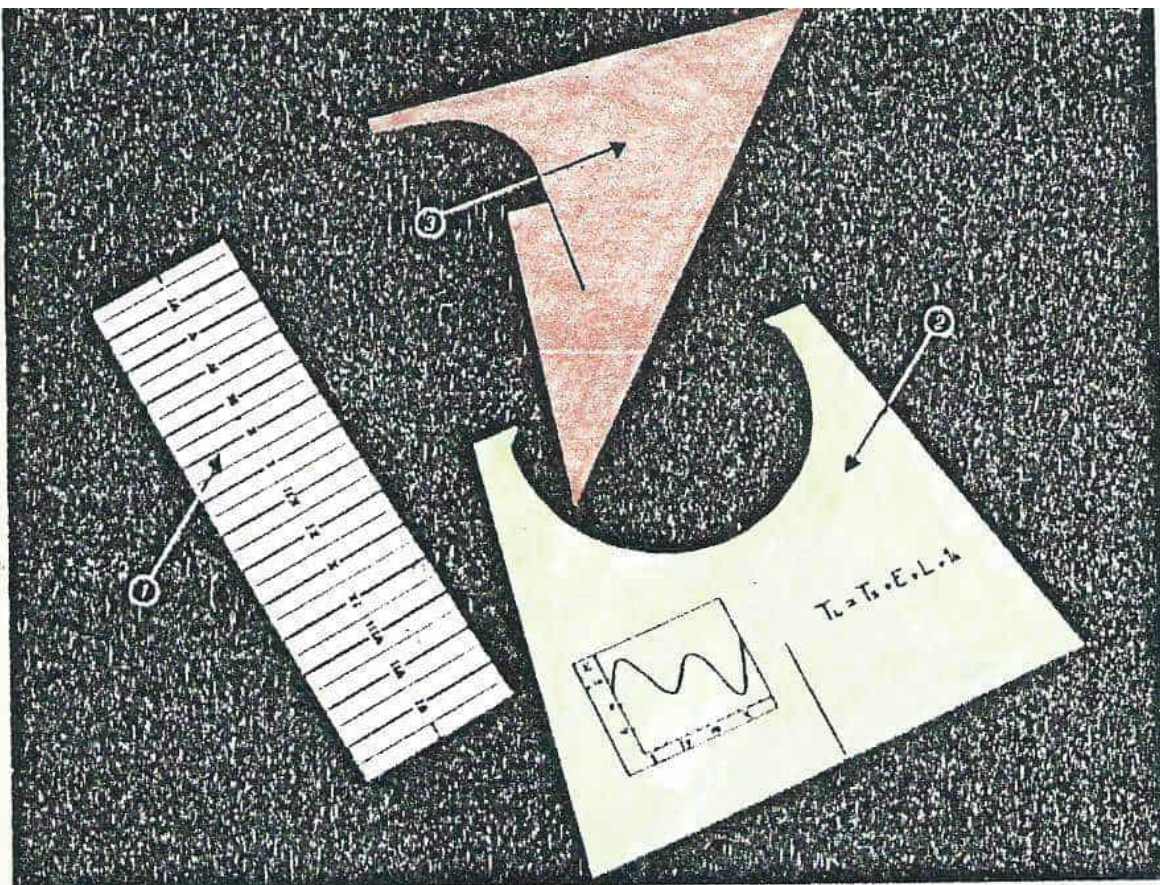
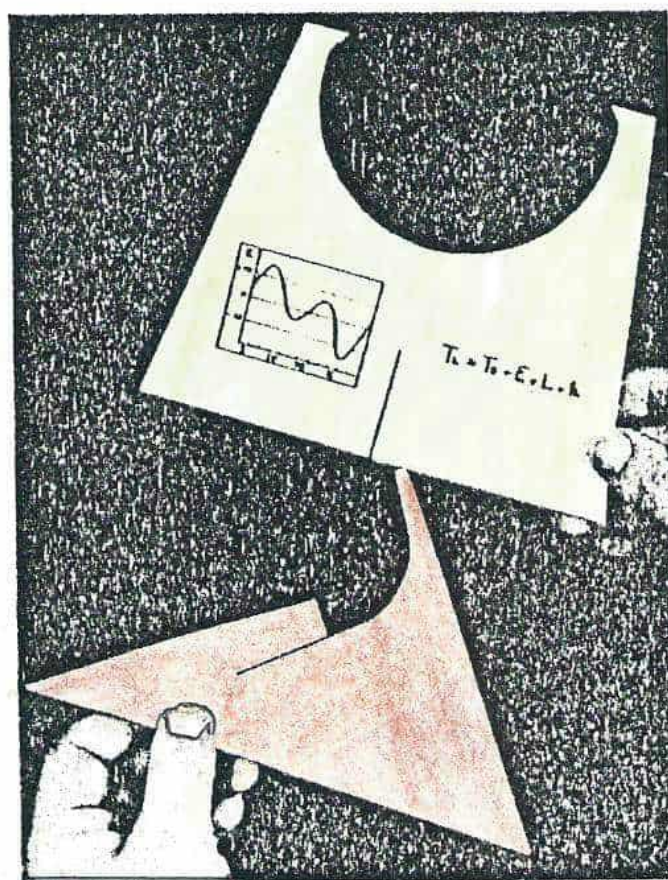


Fig. 6 — Les trois pièces sont étalées devant nous, ...



*On peut insérer  
une devinette courte  
sur la pièce 2 -*

Fig. 7. — ... prenons les pièces 2 et 3, ...



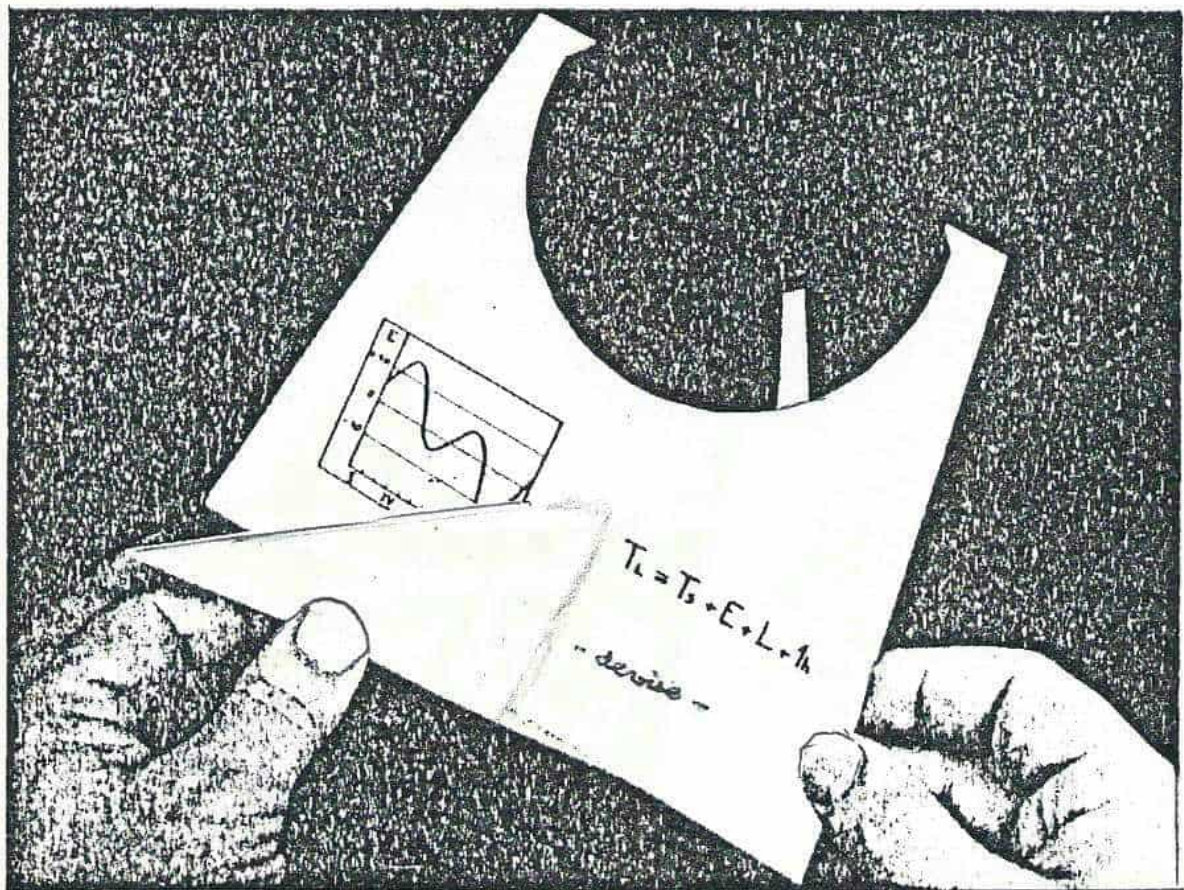


Fig. 8 — ... faisons se pénétrer les fentes de chaque pièce ...

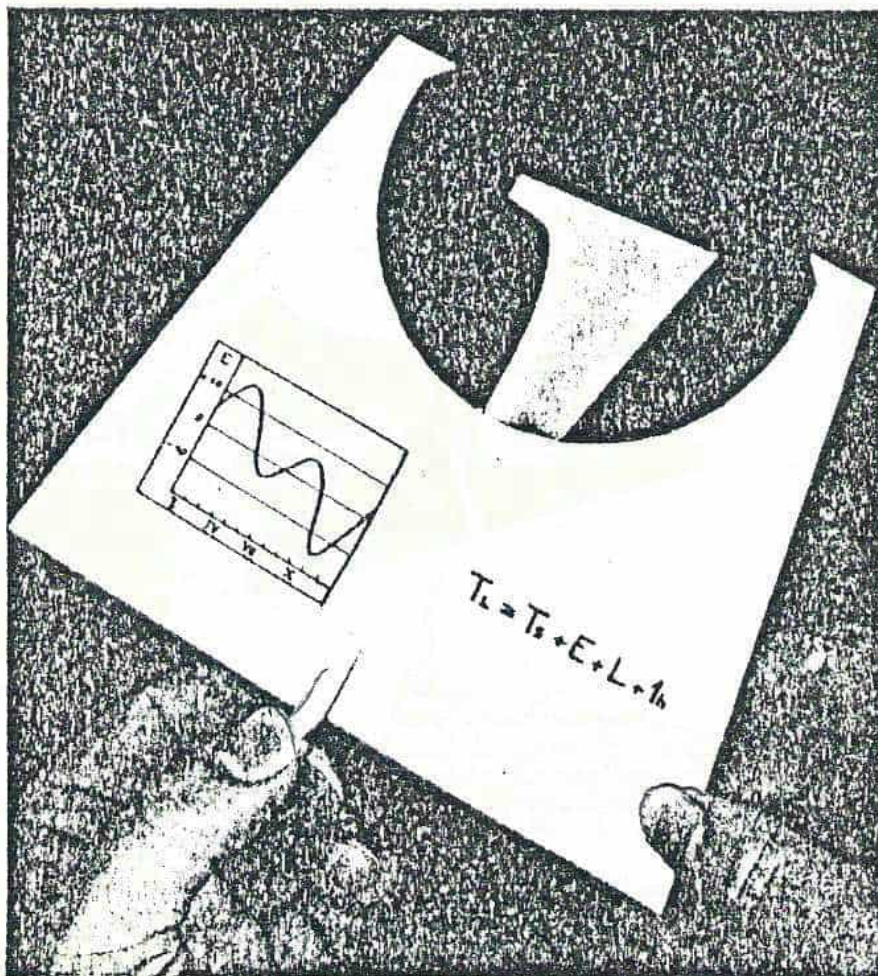


Fig. 9 — ... jusqu'à leur extrémité ...



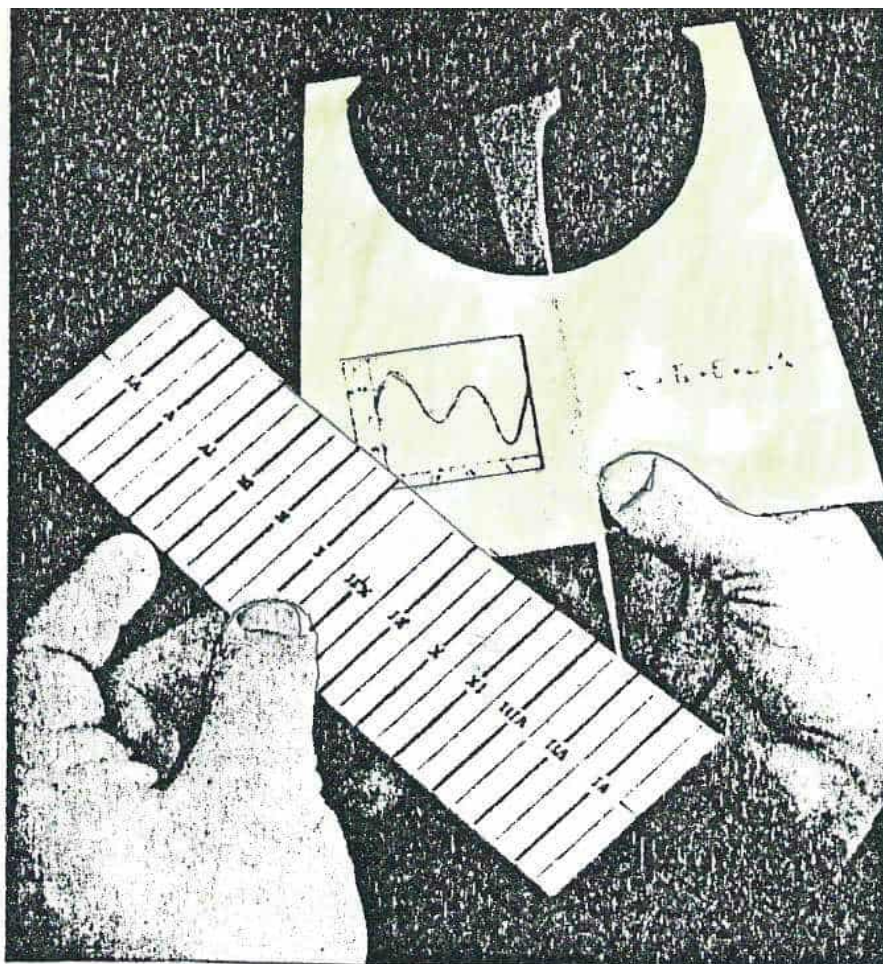


Fig. 10. — ... prenons la pièce 1 et entrons sa fente centrale dans la pièce 3 ...

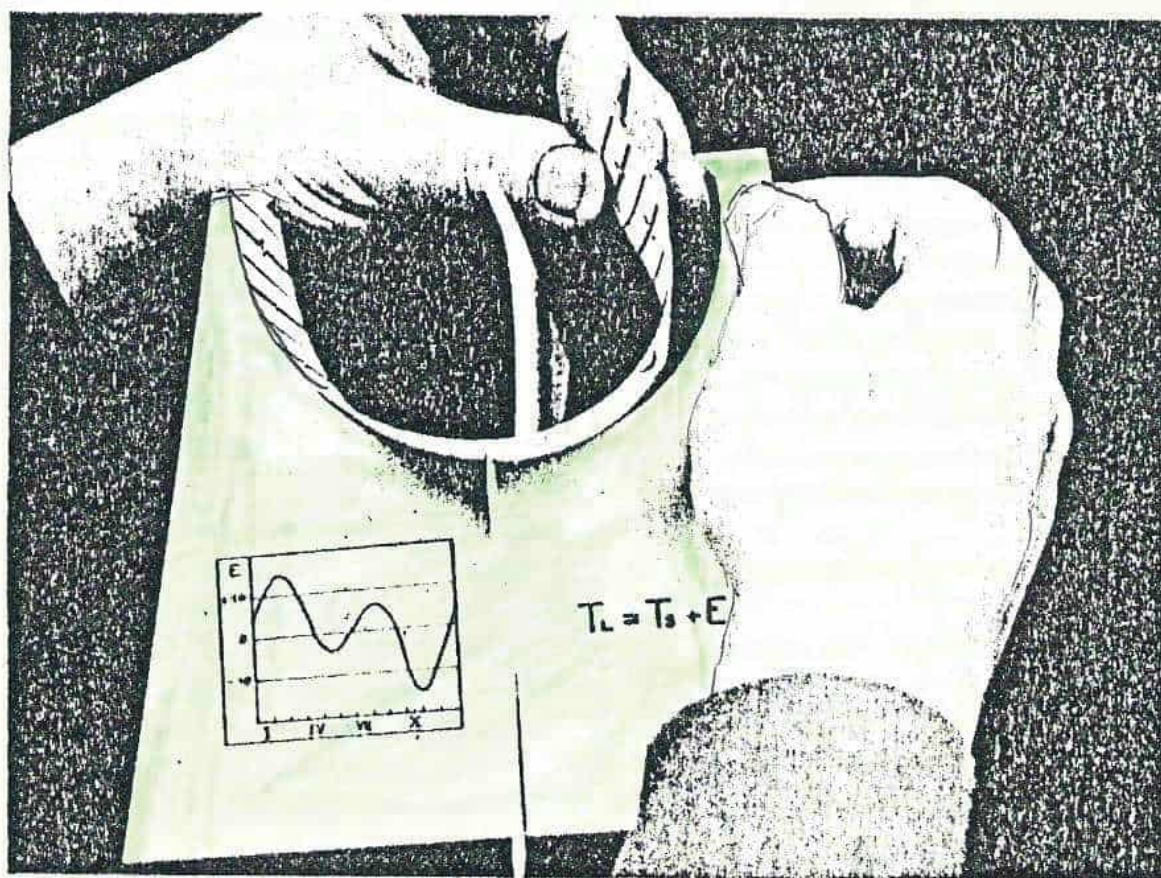


Fig. 11. — ... laissons les petites fentes venir se bloquer sur les ergots de la pièce 2 ...



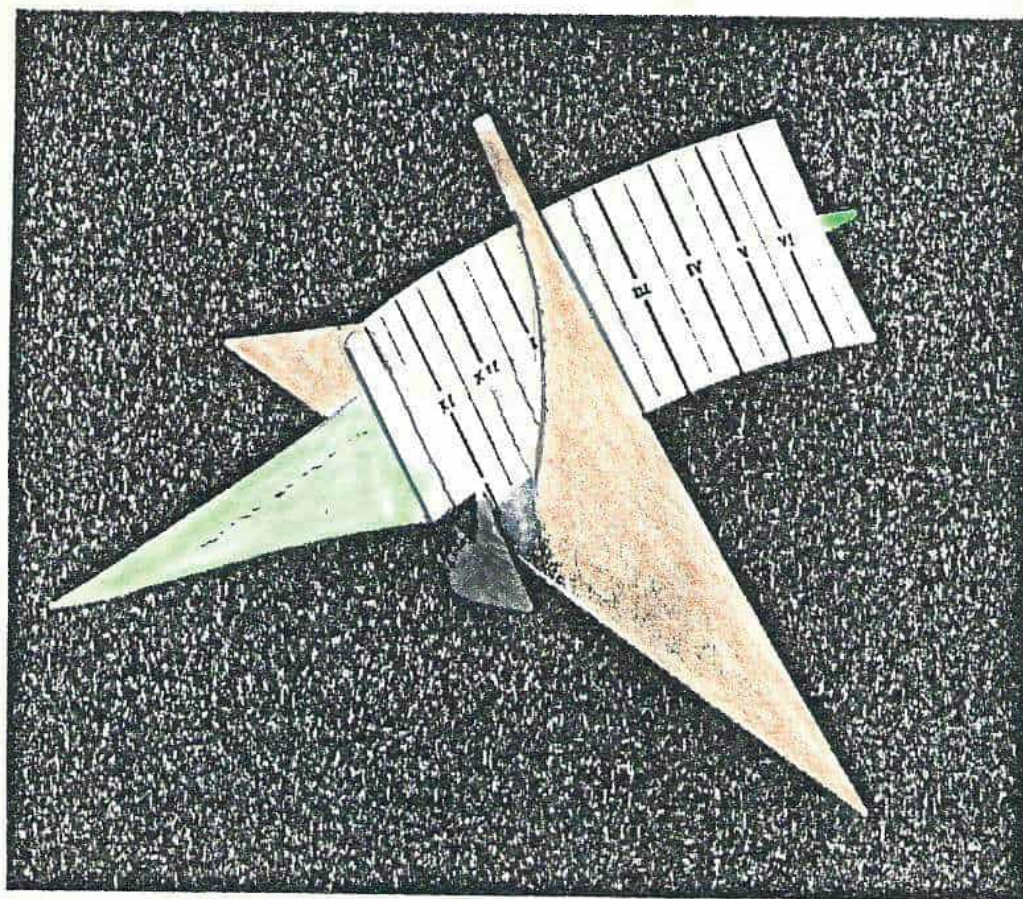


Fig. 12. — ... le cadran est terminé !

Nous avons déjà dit que la dimension des pièces était donnée avec une précision suffisante pour réaliser, par exemple, un cadran dix fois plus grand que le notre, qui s'inscrit dans un parallélépipède de  $22 \text{ cm} \times 17 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$ . Remarquons seulement que le fait d'augmenter la taille, ne serait-ce que la doubler, complique beaucoup la construction du cadran. En effet pour qu'il soit rigide une fois monté, il va falloir utiliser un carton épais, d'où une difficulté pour courber la pièce 1. Ceci conduira à utiliser plusieurs sortes de cartons ; un carton mince et souple pour la pièce 1 et un carton épais et rigide pour les pièces 2 et 3.

Que ceci ne vous décourage pas, si vous désirez construire un cadran plus grand tenez seulement

compte des indications que nous venons de donner.

Un lecteur, M. Adrien Poncet, habitant Saint Claude, nous signale qu'il a réalisé un cadran du même type que le nôtre (fig. 13) et qu'il en est tout à fait satisfait. Il indique en outre qu'il a joint une boussole au cadran, de façon à pouvoir l'orienter, en tenant compte évidemment de la déclinaison magnétique, c'est-à-dire de la différence angulaire qui existe entre le Nord magnétique et le Nord géographique. Nous verrons dans un article ultérieur que ceci n'est pas nécessaire et qu'il existe une autre méthode plus précise et finalement plus simple ; mais pour le moment nous vous conseillons d'utiliser cette méthode.



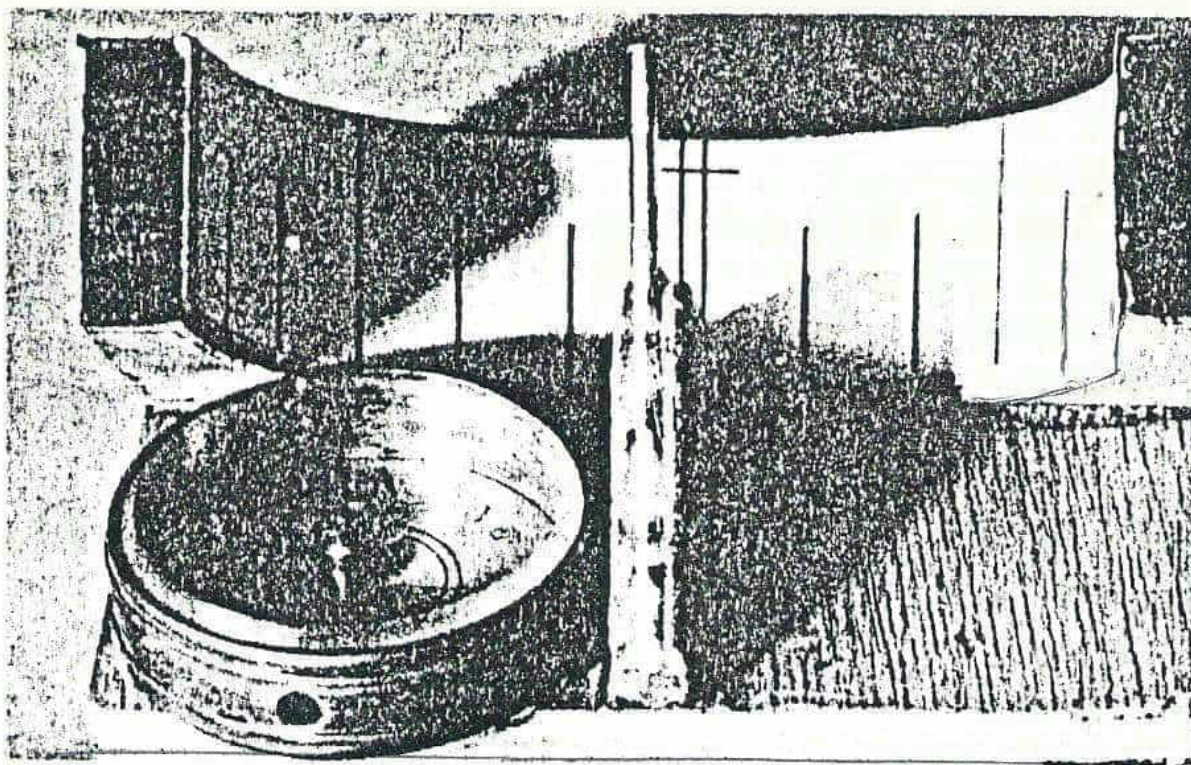


Fig. 13 — Le cadran équatorial de M. Poncet.

Vous allez donc orienter votre cadran, sa base reposant sur un plan horizontal, et vous pourrez alors lire l'heure, mais vous allez constater que cette heure n'est pas du tout celle donnée par votre montre, comme nous l'annoncions un peu

plus haut : essayez de comprendre pourquoi ?

Et avant qu'une prochaine fois nous vous expliquions cela, nous vous engageons, comme M. Poncet, à nous parler de vos cadrans ou de vos problèmes à propos de cadrans.

G. O.

*L'opération inverse est possible :*

*- si l'on oriente le cadran pour qu'il indique l'heure (corrigée) solaire (calculée à partir de l'heure de la montre) la direction du style est celle du nord géographique et le cadran est bien orienté - (méthode sans boussole) -*



## je construis mon cadran solaire\*

### **quelques éléments d'astronomie**

par Gérard OUDENOT

La Terre est, en première approximation, une sphère de 12 800 km de diamètre (fig. 1) ; la masse de cette sphère représente 6 000 milliards de milliards de tonnes.

Nous savons depuis le début du XVIII<sup>e</sup> siècle que la Terre n'est pas exactement une sphère, mais un *ellipsoïde* aplati aux pôles.

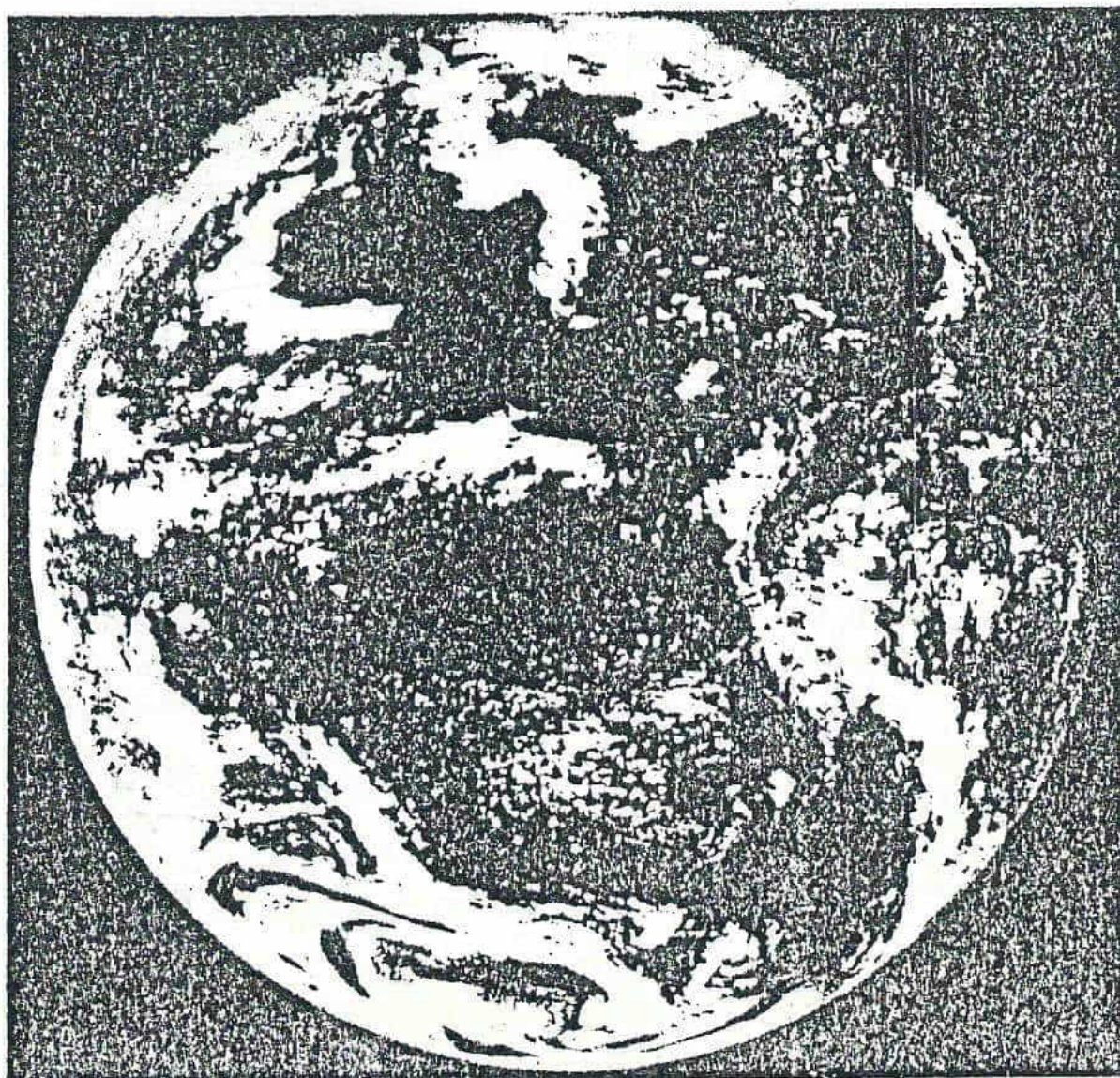


Fig. 1. — La Terre vue dans l'espace (cliché N.A.S.A.).

(\*) Vous trouverez les deux premiers articles de cette série dans les Revues n° 25, p. 50 et n° 28, p. 41.



Un ellipsoïde est la figure obtenue en faisant tourner une ellipse autour de son petit axe, par exemple.

Rappelons qu'une ellipse est l'ensemble des points dont la somme des distances à deux points fixes est constante. On caractérise une ellipse, en astronomie, par son demi-grand axe et son excentricité. Lorsqu'il s'agit de la forme de la Terre, ou d'une autre planète, on préfère parler de son aplatissement (fig. 2).

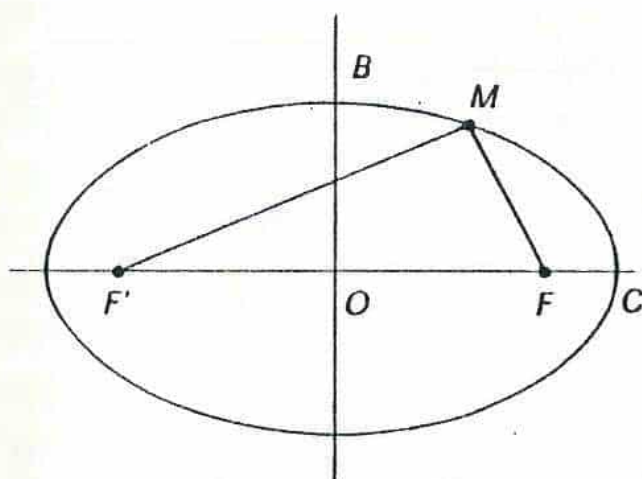


Fig. 2. — L'ellipse est l'ensemble des points M tels que  $MF + MF' = 2a$ . Les points F et F' sont appelés foyers de l'ellipse.  $a = OC$  est le demi-grand axe de l'ellipse.  $b = OB$  est le demi-petit axe de l'ellipse.  $e = \frac{OF}{OC}$  est l'excentricité de l'ellipse.  $\alpha = \frac{a - b}{a}$  est l'aplatissement de l'ellipse.

La Terre est aujourd'hui représentée par un ellipsoïde ayant pour valeurs :

$$a = 6\,378\,160 \text{ m}$$

$$\alpha = 1/298,25$$

La connaissance du demi-grand axe résulte de mesures de triangulation et celle de l'aplatissement, de l'étude du mouvement des satellites artificiels.

Les valeurs ci-dessus nous montrent que la Terre est en fait très peu aplatie, la différence entre le rayon équatorial et le rayon polaire étant inférieure à 21,5 km. Prenons un exemple : Si nous donnons 10 cm au rayon terrestre, nous pourrions représenter la Terre par une sphère et l'aplatissement sera compris dans le trait de crayon limitant la sphère.

Pour repérer la position d'un point à la surface de la Terre, il faut utiliser deux paramètres. On définit ainsi deux coordonnées, qui semblent les plus naturelles : la latitude et la longitude (fig. 3).

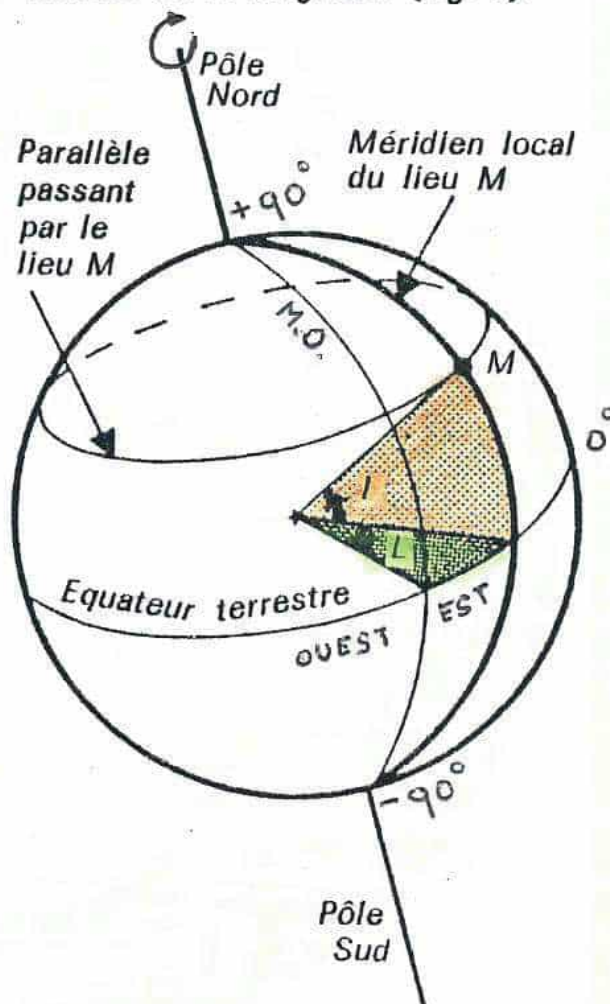


Fig. 3. — Les coordonnées géographiques. I : latitude du lieu M, L : longitude du lieu M.O. méridien d'origine

La latitude d'un lieu est l'angle que fait avec le plan de l'équateur la verticale du lieu. La latitude est



comptée de 0 à 90° dans l'hémisphère nord et de 0 à - 90° dans l'hémisphère sud.

La longitude est l'angle formé par le plan du *méridien* du lieu et celui du méridien origine.

Le méridien d'un lieu est le « demi-cercle » passant par les deux pôles de la Terre et le lieu considéré. Par ~~convention~~ le méridien origine est celui de l'observatoire de Greenwich. Les longitudes sont comptées en degrés, de - 180° à + 180°, ou en heures, de - 12 h à + 12 h, positivement à l'Ouest du méridien origine et négativement à l'Est.

Remarquons que tous les lieux de même longitude, sont situés sur un même méridien. Les lieux de même latitude sont situés sur un *parallèle* (cercle dont le centre se trouve sur l'axe terrestre).

Comme nous l'avons déjà dit, les cartes Michelin fournissent le moyen le plus facile pour déterminer la longitude et la latitude d'un lieu. Malheureusement, d'une part ces cartes sont graduées en grades et d'autre part elles utilisent le méridien de l'observatoire de Paris, comme origine des longitudes. Il faut donc se livrer à une conversion qui fort heureusement est simple ; il suffit de savoir que 360° équivalent à 400 grades et que Paris est à 9 mn 21 s ou 2° 20' 14" à l'Est du méridien de Greenwich.

La Terre tourne sur elle-même, autour de son axe, en 23 h 56 mn environ, de l'ouest vers l'est. Ce mouvement a pour conséquence un mouvement apparent du ciel, dirigé de l'est vers l'ouest et s'effectuant à la même vitesse, c'est-à-dire que l'ensemble du ciel accomplit un

tour en 23 h 56 mn. Ce mouvement porte le nom de *mouvement diurne*.

De plus la Terre se déplace autour du Soleil en une année, il en résulte pour le Soleil un *mouvement apparent annuel*, dirigé de l'ouest vers l'est (fig. 4).

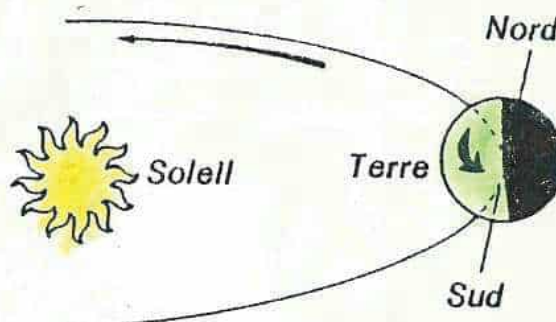


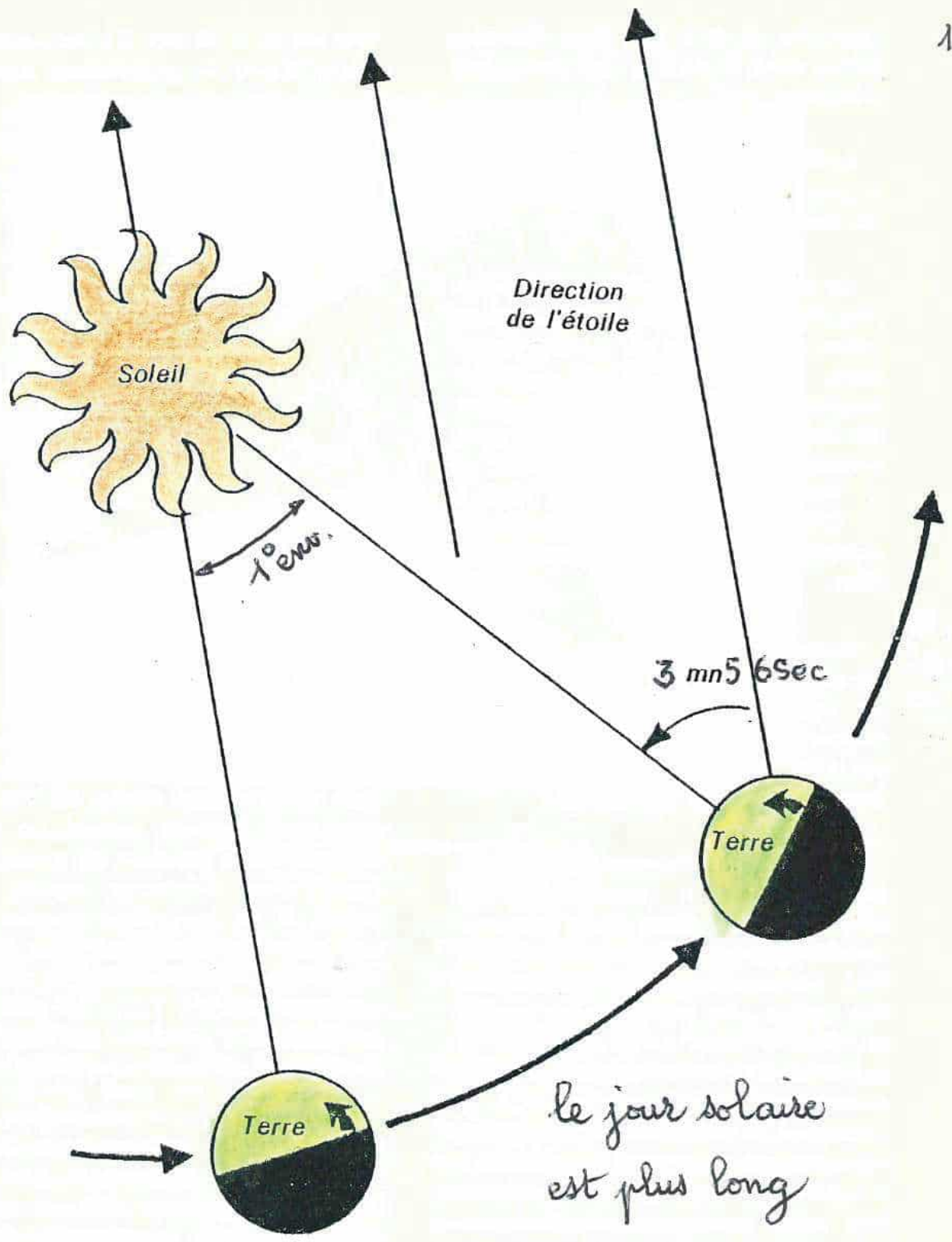
Fig. 4. — Les deux principaux mouvements de la Terre.

Lorsque la Terre fait un tour sur elle-même, c'est-à-dire lorsqu'un point de notre planète est revenu en face d'une même étoile, 23 h 56 mn plus tard, il s'est écoulé un *jour sidéral*. Mais pendant ce temps la Terre s'est déplacée autour du Soleil, il lui faut donc tourner un peu plus sur elle-même pour revenir en face du Soleil (fig. 5) ; cette nouvelle période porte le nom de *jour solaire*, c'est celui qui nous est familier et qui vaut environ 24 h.

L'axe de la Terre est incliné par rapport au plan de translation de la Terre autour du Soleil, le *plan de l'écliptique*. Cet axe fait un angle de 23° 27' avec la perpendiculaire au plan de l'écliptique et conserve une direction fixe dans l'espace ; ce qui signifie que pendant que la Terre se déplace autour du Soleil, son axe reste parallèle à une direction déterminée.

L'inclinaison de l'axe terrestre entraîne, entre autres choses, l'inégalité des jours et des nuits. Si nous considérons la Terre à quel-





— La différence entre le jour solaire et le jour sidéral. ( $23^h 56^{mn} 4^{\text{sec}}$ )

ques jours d'intervalle, le Soleil ne monte pas à la même hauteur dans le ciel (fig. 6). Le Soleil, entraîné par le mouvement diurne, va se déplacer sur des « cercles » différents ; dans la position II il lui faudra parcourir le même trajet qu'en I, plus deux fois l'arc AB ; la

journée II sera donc plus longue que la journée I.

A titre d'exemple, à Paris le jour du solstice d'hiver (le jour le plus court de l'année) dure 8 h 2 mn et le jour du solstice d'été (le jour le plus long) dure 15 h 58 mn.



Si l'axe terrestre n'était pas incliné, les cadrans solaires seraient beaucoup plus simples. Tout objet aurait, chaque jour à la même heure, une ombre constante en grandeur et en direction et pourrait ainsi servir de cadran solaire.

Voyons maintenant de façon plus précise comment s'effectue le mouvement de la Terre autour du Soleil (fig. 7).

La Terre se déplace sur une ellipse dont le Soleil occupe un des foyers (première loi de Képler).

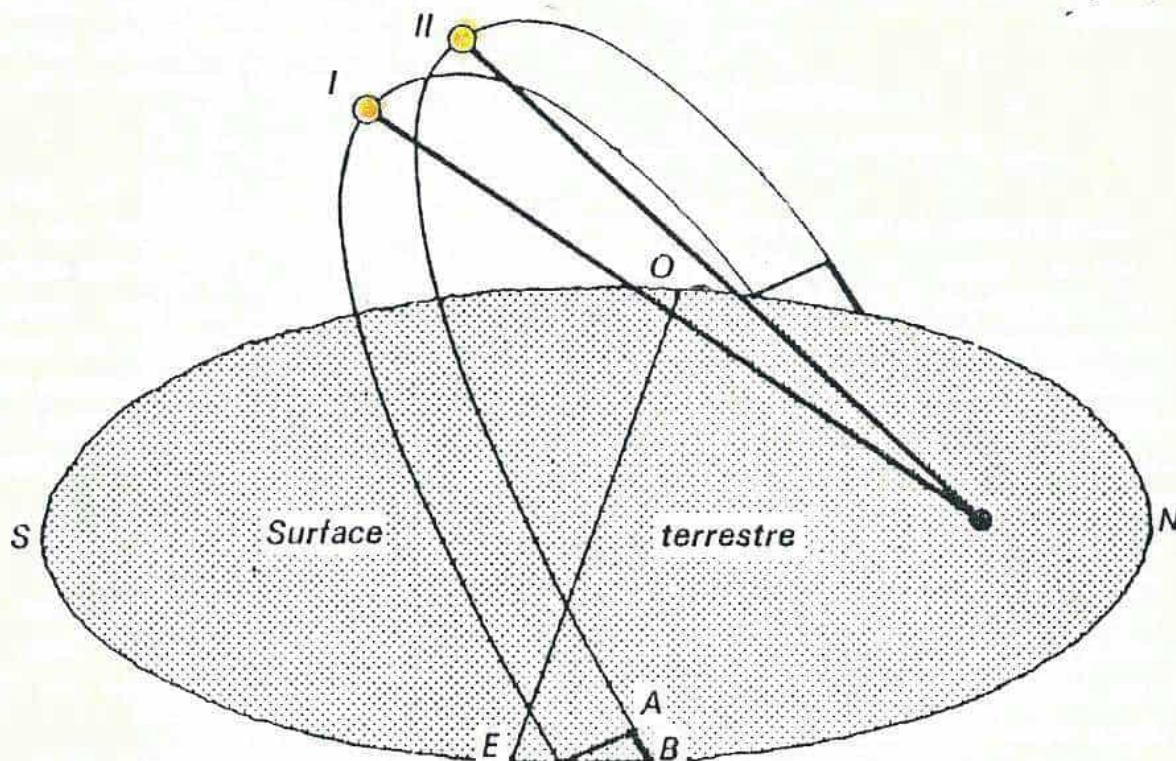


Fig. 6. — L'inégalité des jours et des nuits.

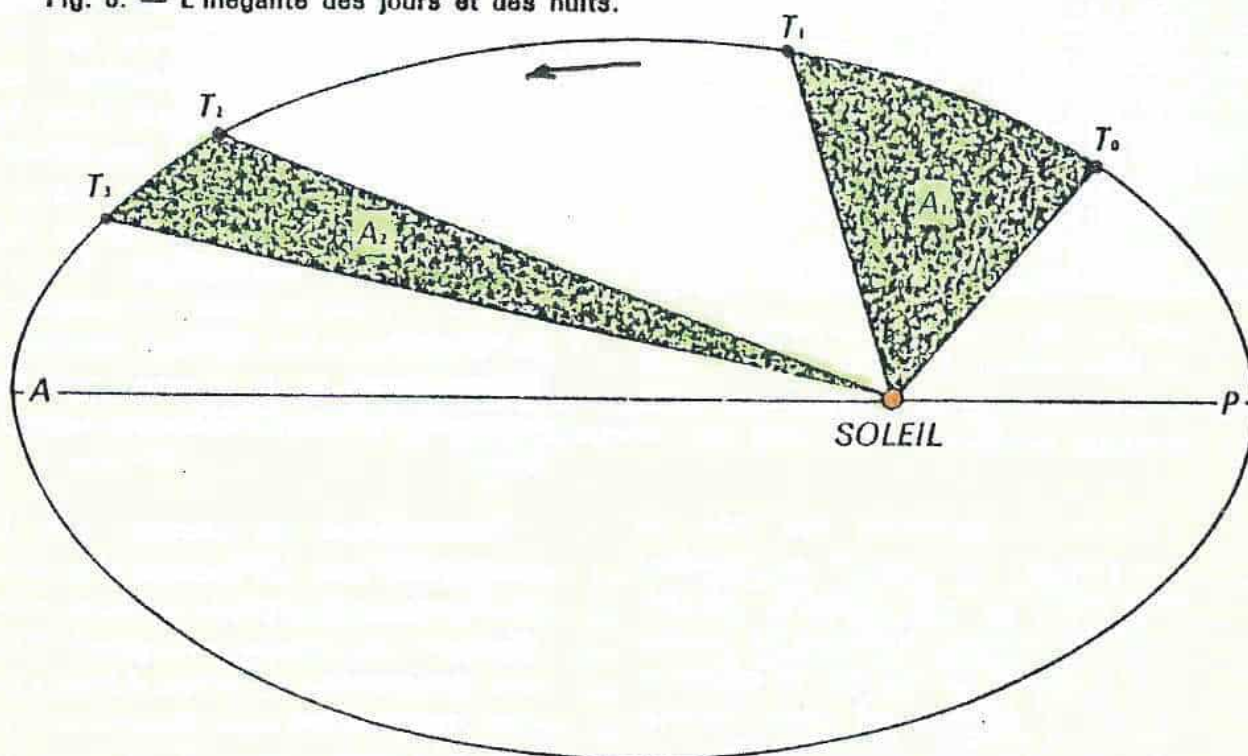


Fig. 7. — Les deux premières lois de Képler. P : périhélie, point de l'orbite terrestre le plus rapproché du Soleil. A : aphélie, point de l'orbite terrestre le plus éloigné du Soleil.  $t_0, t_1, t_2, t_3$  : temps de passage de la Terre aux points  $T_0, T_1, T_2, T_3$  de son orbite. Si  $t_3 - t_2 = t_1 - t_0$ , alors  $A_1 = A_2$  (et réciproquement).



Le rayon Soleil-Terre balaie des aires égales en des temps égaux (deuxième loi de Képler).

La première loi de Képler nous dit que la trajectoire de la Terre est une ellipse ; les caractéristiques de cette ellipse sont les suivantes :

$$a = 149\,600\,000 \text{ km}$$

$$e = 0,0167$$

La distance de la Terre au Soleil varie donc en moyenne de 147 100 000 km à 152 100 000 km, ce qui représente une différence de 5 000 000 km. Il ne faut pas en déduire que l'orbite terrestre est très aplatie ; en effet si nous la représentons par un cercle de 1,50 m de rayon, l'ellipse sera toute entière comprise dans l'épaisseur du trait de crayon limitant le cercle. Par contre le Soleil n'occupera pas le centre de ce cercle mais en sera décalé de 2,5 cm.

La deuxième loi de Képler nous indique que la Terre se déplace sur son orbite avec une vitesse variable, c'est-à-dire que d'un jour à l'autre elle ne va pas parcourir la même distance ; en conséquence les jours solaires ne seront pas égaux entre eux, puisqu'il faudra que la Terre tourne un peu plus ou un peu moins, sur elle-même, pour qu'un point de sa surface revienne en face du Soleil.

L'activité humaine est liée au mouvement du Soleil et pendant longtemps le jour solaire, décomposé en heures, minutes et secondes, a fourni le moyen de mesurer le temps. Seulement nous venons de voir que les jours solaires ne sont pas égaux entre eux ; à certaines époques de l'année, il peut y avoir une différence de 30 s entre deux jours consécutifs. Aussi, lors-

qu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, l'utilisation des montres et des pendules se généralisa, il ne fut plus possible d'ignorer ces inégalités ; ce qui conduisit à imaginer un Soleil fictif produisant des jours égaux entre eux tout au long de l'année. Ces jours de 24 h sont les *jours solaires moyens* ; divisés en 86 400 parties, ils fournissent la *seconde de temps moyen*.

La différence entre le temps solaire moyen, découlant du jour solaire moyen, et le temps solaire vrai, découlant du jour solaire, porte le nom d'*équation du temps* (fig. 8) ; c'est de cette courbe dont nous avons parlé dans l'article précédent, sans en donner la signification. ✕

Le temps solaire moyen est compté à partir de midi ; on appelle *temps civil* d'un lieu, le temps solaire moyen de ce lieu, augmenté de 12 h.

Le développement des moyens de communication montra les inconvénients de l'utilisation du temps civil ; en effet deux lieux de longitudes différentes possèdent des temps civils différents. Ce qui amena, par exemple, à utiliser sur tout le territoire français, l'heure de Paris. Puis en 1884, le méridien de Greenwich fut déclaré Méridien International et le temps civil de Greenwich devint le *temps universel*.

Remarquons en passant que la désignation de GMT (temps moyen de Greenwich) utilisée parfois pour désigner le temps universel (TU) est incorrecte ; en effet, d'après ce que nous venons de dire, il existe une différence de 12 h entre le temps universel et le temps GMT.

Pour étendre à l'ensemble de la planète, l'usage du temps universel,



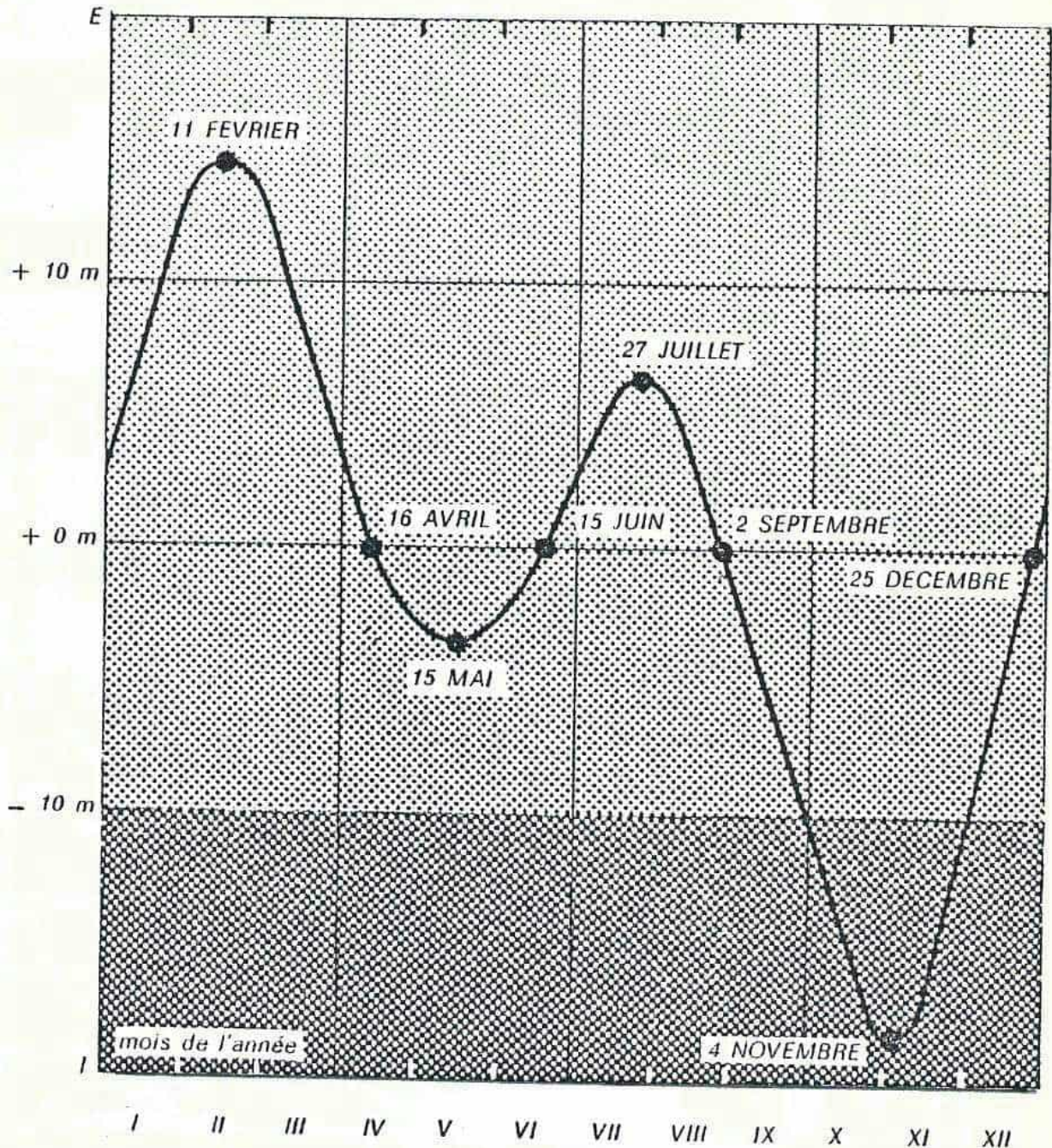


Fig. 8. — L'équation du temps. (Nous avons déjà donné cette courbe dans l'article précédent, mais prévue à l'échelle du cadran équatorial, elle était de petite taille et de ce fait peu précise).

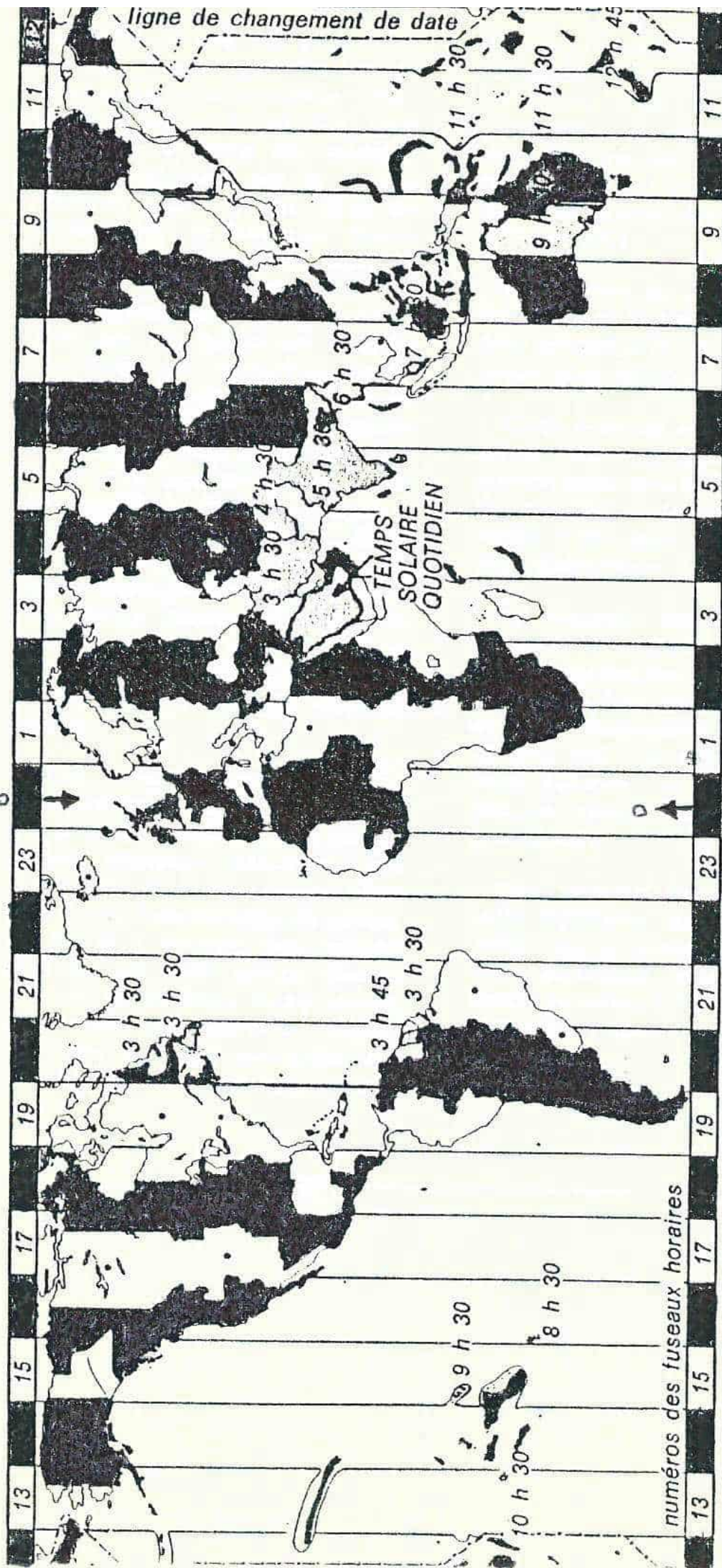
sa surface a été divisée en 24 fuseaux : les *fuseaux horaires*. Le fuseau origine est centré sur Greenwich et est limité par les méridiens de longitudes  $-7^{\circ}30'$  et  $+7^{\circ}30'$  ; les autres fuseaux se déduisent du fuseau origine par des décalages de  $15^{\circ}$  en  $15^{\circ}$ . Ils sont numérotés de 0 à 23 à partir du

fuseau origine en allant vers l'est, et à l'intérieur de chaque fuseau le temps est égal au temps universel augmenté d'un nombre d'heures égal au numéro du fuseau.

En réalité, l'usage des fuseaux horaires ne s'est répandu qu'assez lentement à la surface du globe et



méridien  
origine



Heure particulière à un pays, par rapport au temps universel.

3

Fuseaux impairs.

Fuseaux pairs.

\* Pays où il convient d'ajouter une correction supplémentaire d'une heure toute l'année: \* Pays où il convient d'ajouter une correction supplémentaire d'une heure pendant la période des longs jours.

Fig. 9. — Les fuseaux horaires (carte établie à partir des données de l'Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1975).



aujourd'hui encore des pays utilisent des temps qui diffèrent du temps universel d'un nombre d'heures non entier. Parmi les pays utilisant le système des fuseaux, certains n'utilisent pas le fuseau contenant la plus grande partie de son territoire ; la France par exemple, toute entière située dans le fuseau 0, se comporte comme si elle appartenait au fuseau 1 ; c'est-à-dire que son heure est décalée d'une heure par rapport au temps universel. Signalons que d'autres pays ne conservent pas la même heure toute l'année et l'augmentent d'une unité pendant l'été ; il en sera peut-être ainsi en France à partir de l'année prochaine. Enfin les fuseaux, qui sont définis de façon simple, le sont en fait beaucoup moins, comme le montre la figure 9, un grand nombre de pays en ayant modifié les contours théoriques, pour des raisons de commodité.

Nous possédons maintenant les éléments suffisants pour comprendre le fonctionnement d'un cadran solaire. Signalons néanmoins que la seconde de temps moyen n'est plus l'unité fondamentale de temps. Au fur et à mesure des progrès réalisés, on s'est aperçu que la rotation de la Terre n'est pas un phénomène suffisamment régulier pour que le temps universel, qui en découle, constitue une échelle

de temps convenable. Aussi s'est-on tourné vers la translation de la Terre qui, régie par la loi de la gravitation, peut se calculer, et donc être prévue, avec une grande précision. Ceci a conduit à introduire le *temps des éphémérides* (TE), en 1961 :

*La seconde de temps des éphémérides est la fraction*  
 $1/31\,556\,925,9747$  *de l'année tropique pour 1900,0 à 12 h TE.*

Cette seconde est devenue elle-même trop imprécise devant les phénomènes qu'il s'agit maintenant de mesurer, et depuis 1967, la seconde n'est plus définie à partir d'un phénomène astronomique :

*La seconde est la durée de*  
 $9\,192\,631\,770$  *périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133. (Le décret légalisant cette seconde : la seconde atomique, en France, n'a pas encore été promulgué.)*

Nous ne nous étendrons pas sur cette définition, ni sur la précédente, qui ne présentent pas d'intérêt particulier pour nous ; le temps en usage à travers le monde dérivant, de toute façon, du temps universel.

G. O.