

L'HELIOLABE

Note de la rédaction: Ce texte nous a été communiqué par notre collègue Victor Aguerre du groupe "Ciel" des Centres d'Entraînement aux Méthodes d'Education Active (CEMEA). Le groupe Ciel des CEMEA a mené une réflexion approfondie sur les instruments anciens et leur utilisation pédagogique. Il a ainsi édité 3 brochures sur la réalisation et l'utilisation de ces instruments. On peut se les procurer en s'adressant à: Victor Aguerre Groupe Ciel CEMEA 54 Avenue Kennedy 64200 BJARRITZ

L'héliolabe est un astrolabe simplifié qui visualise:

- la sphère terrestre et ses coordonnées
- l'écliptique, c'est-à-dire le grand cercle de la sphère céleste décrit par le Soleil dans son mouvement apparent au cours de l'année.

Il permet de résoudre certains problèmes propres au Soleil: mouvement diurne, heure solaire, heure du lever et du coucher, hauteur du Soleil, culmination, déclinaison, passage au vertical Est-Ouest, différences selon les latitudes... Les multiples possibilités de cet appareil ne peuvent être totalement explicitées dans le cadre de cette fiche.

Disons aussi que l'astrolabe fut considéré comme le "joyau mathématique" du Moyen-Age.

L'héliolabe comprend:

- 1 - un support ou tympan sur lequel sont tracés:
 - l'équateur et les tropiques
 - la ligne méridienne ou ligne des 12 heures
 - le cercle d'horizon
 - les cercles de hauteur jusqu'au zénith
 - le vertical est-ouest passant par le zénith
 - le cercle extérieur des heures
- 2 - un cercle mobile représentant l'écliptique divisé en 12 mois gradués de 5 jours en 5 jours ou plus
- 3 - une alidade-index de repérage portant les graduations des déclinaisons du Soleil.

Tracé et construction de l'héliolabe:

L'héliolabe est la projection d'une sphère céleste (ou d'une sphère armillaire) sur une surface plane (fig. 3a)

- PP' représente l'axe polaire
- AB représente l'équateur
- EF représente le tropique du Cancer
- CD représente le tropique du Capricorne
- FC représente l'écliptique ou course du Soleil au cours de l'année, du tropique du Cancer au tropique du Capricorne.

On procède à partir du pôle sud P' à la projection de ces différentes coordonnées sur le plan de l'équateur (projection stéréographique) et l'on retrouve:

- l'équateur en AB (sans changement)
- le tropique du Cancer en ef
- le tropique du Capricorne en cd
- l'écliptique en cf
- et le pôle nord en p

Il s'agit alors de tracer les 3 cercles concentriques en respectant les diamètres ainsi définis par la projection et le cercle de l'écliptique tangent au tropique du Cancer et au tropique du Capricorne. (fig. 3b).

Tracé de l'horizon et des cercles de hauteur. (fig. 4)

On commence par choisir la valeur du rayon de l'équateur et on trace le cercle.

L'horizon est un grand cercle dont le plan est incliné par rapport à l'axe polaire d'un angle égal à la latitude du lieu. Sur ce dessin HH' est le plan du cercle

de l'horizon incliné de 49° (latitude de Paris) sur l'axe SS' .

- MM' est le plan du cercle de hauteur de 10°
- NN' est le plan du cercle de hauteur de 30°
- Z est le zénith, à la verticale de l'horizon.

Procédons à la projection à partir de S sur l'axe vertical:

- HH' donne hh'
- MM' donne mm'
- NN' donne nn'
- Z donne z

Oh milieu de hh' est le centre du cercle de l'horizon

Om milieu de mm' est le centre du cercle de hauteur 10°

On milieu de nn' est le centre du cercle de hauteur 30°

On procède ainsi à tous les tracés des cercles de hauteur de l'horizon au zénith.

Tracé du vertical Est-Ouest (fig. 1)

Le plan du vertical Est-Ouest passe par le zénith. Il est aisé de trouver le centre d'un cercle passant par 3 points E, z, W en traçant les médiatrices.

Tracé de l'alidade-index (fig. 5)

Sur l'alidade-index sont graduées les déclinaisons du Soleil de $-23^\circ 27'$ (tropique du Capricorne) à $+23^\circ 27'$ (tropique du Cancer) en passant par l'équateur 0° .

Tracé des heures.

Le cercle extérieur de l'héliolabe est divisé en 24 heures (2 fois de 1h à 12 h) graduées de quart d'heure en quart d'heure, ou plus si on le désire.

Tracé de l'écliptique (fig. 6)

La figure 6 représente le cercle de l'équateur et le cercle de l'écliptique. Les deux axes de l'écliptique correspondent aux solstices d'été et d'hiver pour le grand axe et aux équinoxes de printemps et d'automne pour le petit axe. On trace sur le cercle de l'équateur les ascensions droites de chaque mois (voir les éphémérides) puis on les projette sur le cercle de l'écliptique. Grader chaque mois de 5 jours en 5 jours ou plus (fig. 2).

Remarque:

Tous les tracés de cet héliolabe ont été effectués à partir d'un rayon du cercle de l'équateur de 50 mm pour une latitude bien déterminée de 49° (latitude de Paris).

Chaque tympan correspond à une latitude donnée et ne peut être utilisé qu'à cette latitude. C'est pourquoi les astrolabes anciens comportaient plusieurs tympan interchangeables de latitudes différentes. Par contre, le tracé de l'écliptique est valable pour toute latitude.

MONTAGE DE L'APPAREIL.

Disposer l'écliptique puis l'alidade sur le tympan et percer avec précision les 3 centres respectifs avec une épingle ou une punaise.

Pour une utilisation pratique de l'héliolabe il est conseillé:

- de coller le tympan sur du contreplaqué
- de faire une copie sur transparent de l'écliptique
- de coller ou tracer l'alidade sur du carton fort

CONSTRUCTION TRIGONOMETRIQUE DE L'HELIOLABE.

1 - Chacun des cercles de l'équateur, tropiques et déclinaison du Soleil est à une distance angulaire déterminée du pôle Nord:

équateur: 90°

déclinaison $+15^\circ$: 75°

tropique du Capricorne : $113^\circ 27'$

tropique du Cancer : $66^\circ 33'$

Soit R le rayon de l'équateur

Rayon du cercle du tropique du Capricorne = $R \times \text{tg}(113^\circ 27'/2)$

HELIOLABE

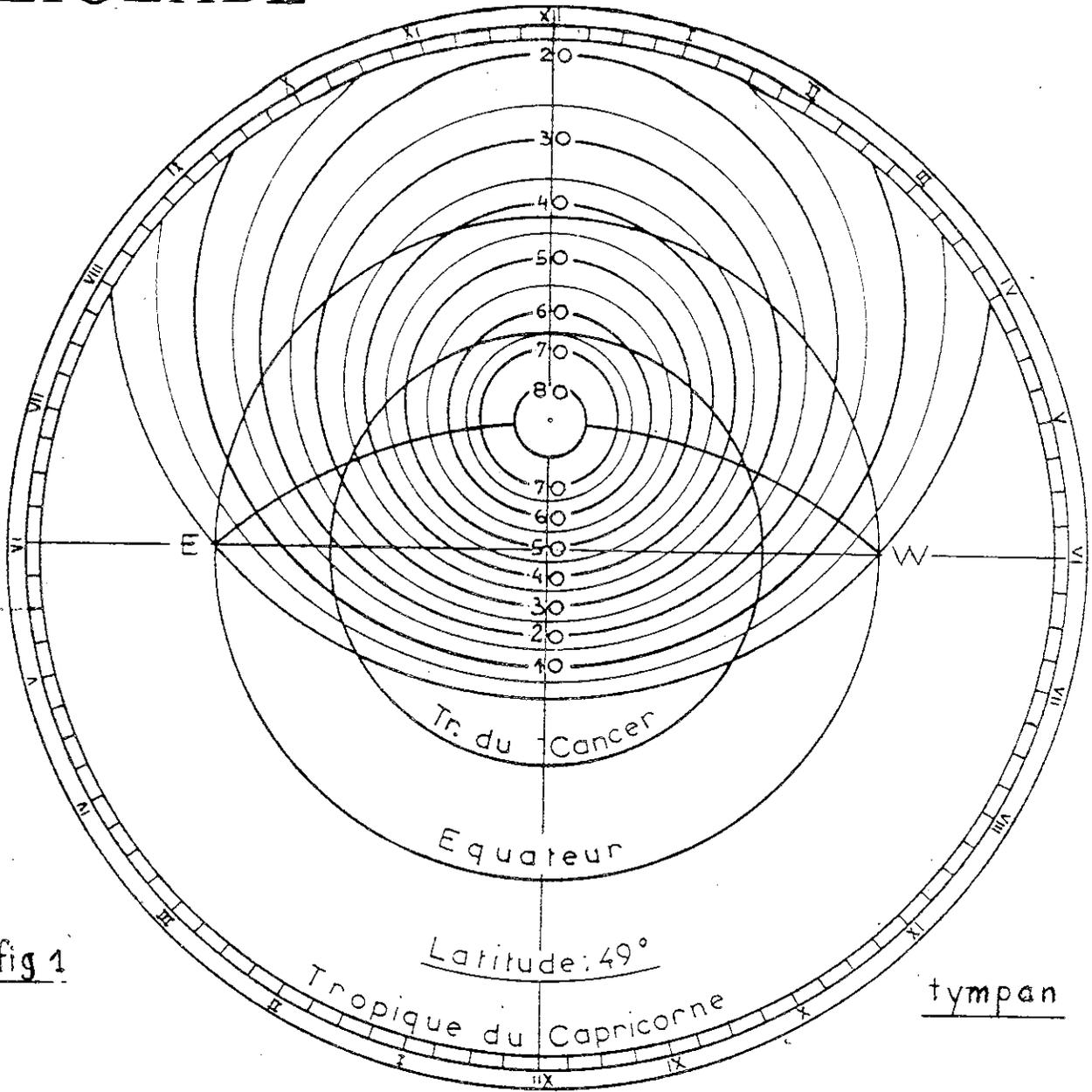


fig 1

tympan

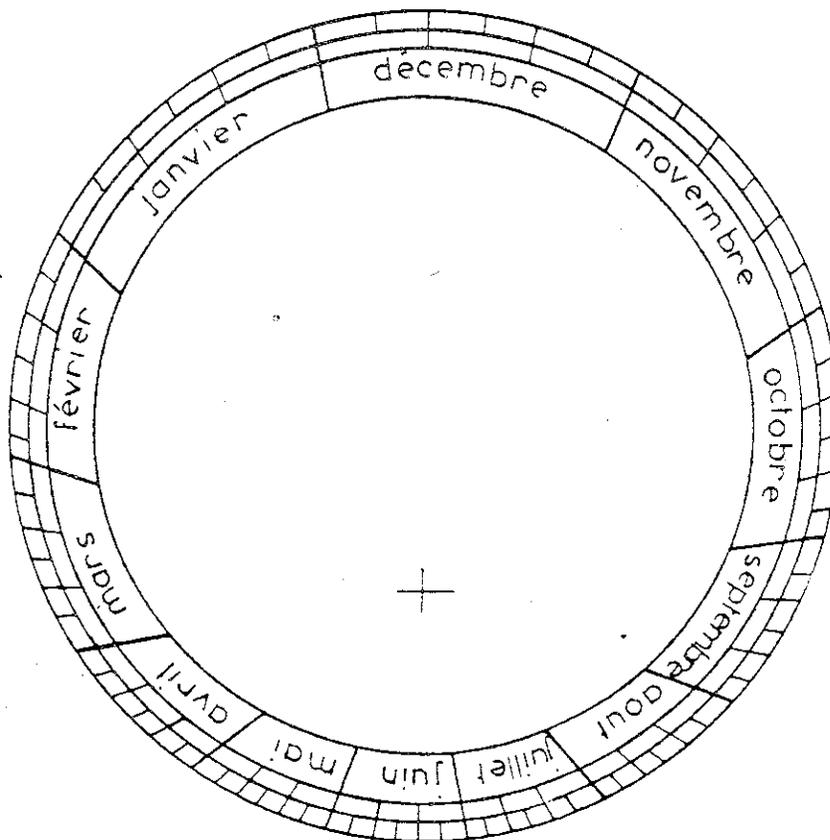


fig 2

écliptique

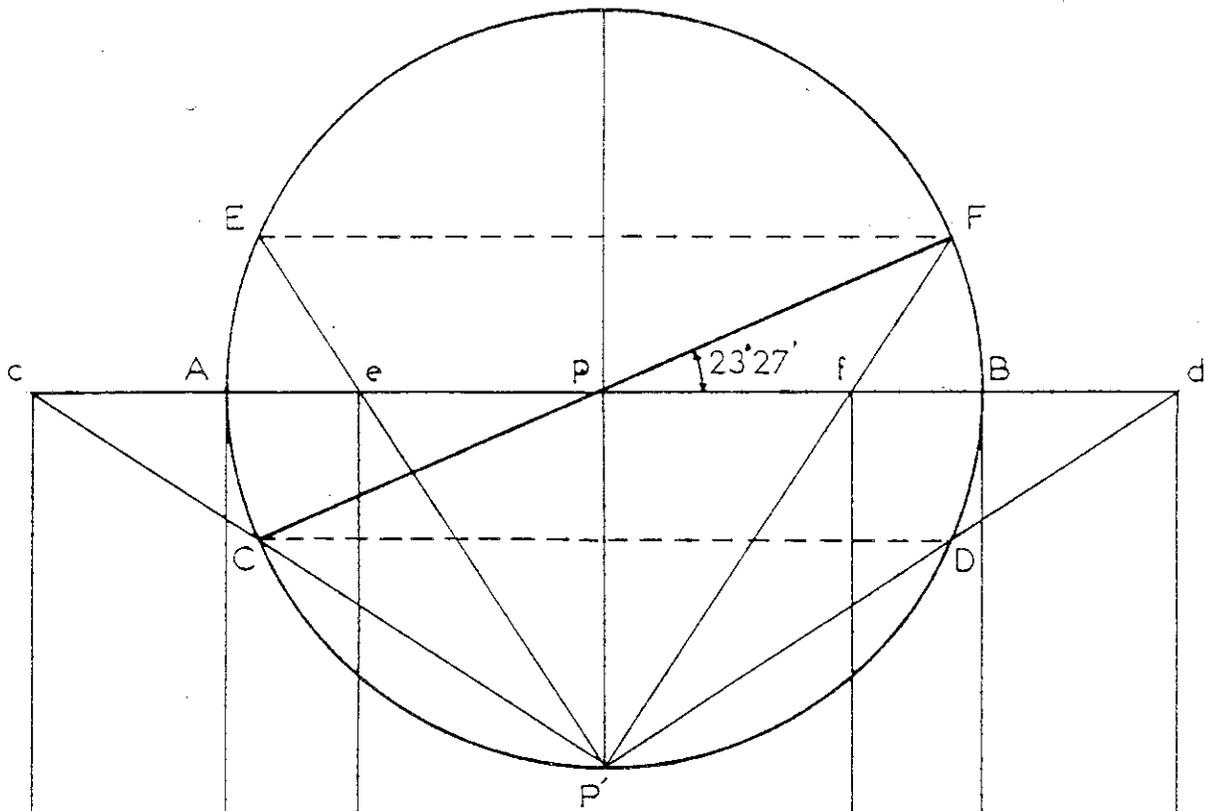


fig 3a

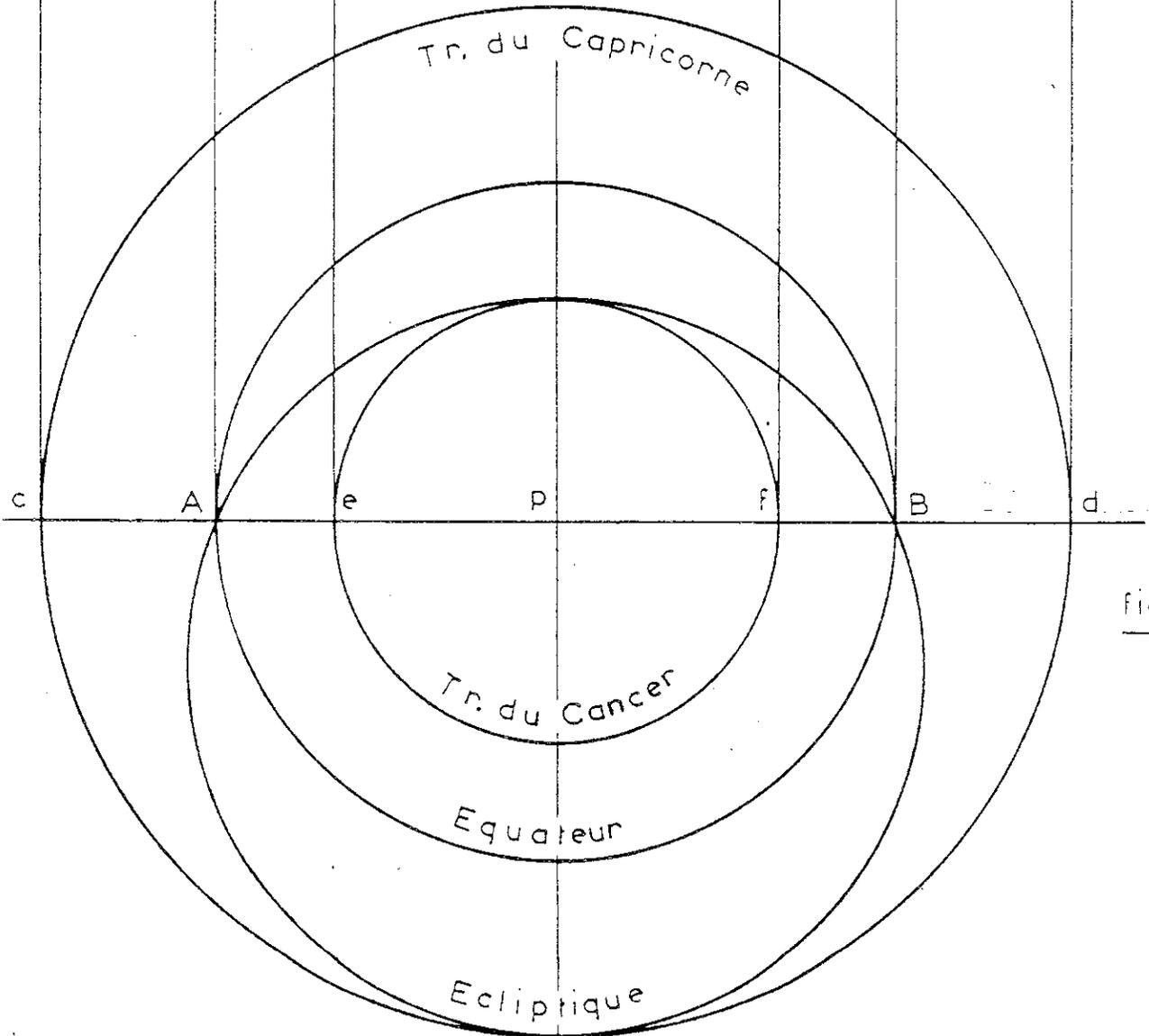


fig 3b

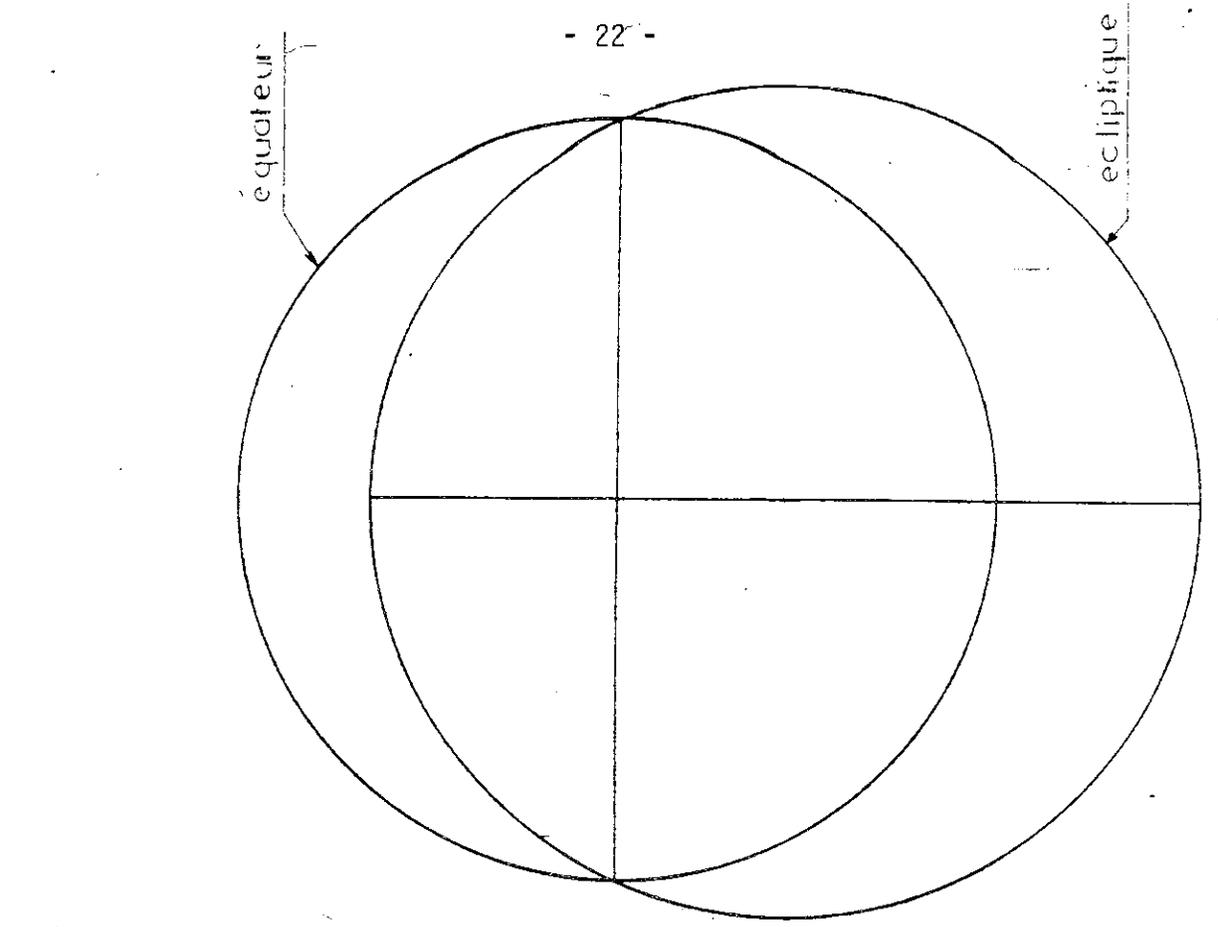


fig. 6

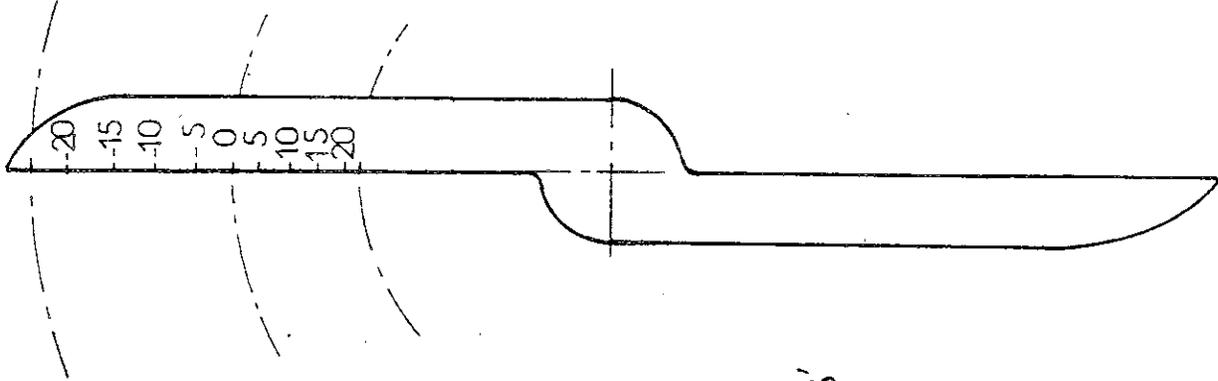


fig. 5

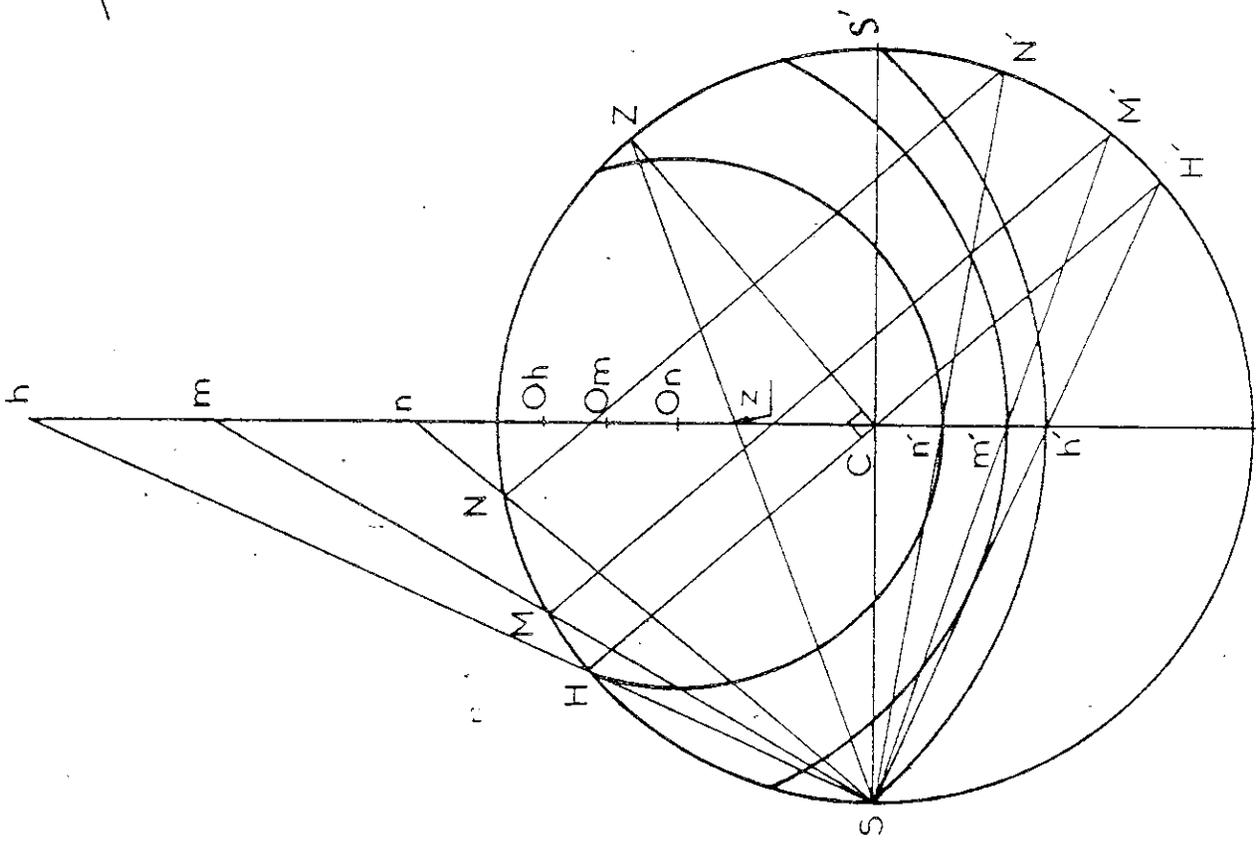


fig. 4

Soit R le rayon de l'équateur:

Rayon du cercle du tropique du Capricorne = $R \times \text{tg} [(113^\circ 27')/2]$
Rayon du cercle du tropique du Cancer = $R \times \text{tg} [(66^\circ 33')/2]$
Rayon du cercle de déclinaison $+15^\circ$ = $R \times \text{tg} (75^\circ/2)$

2 - Le centre du cercle de l'horizon est à une distance du centre de l'héliolabe de:
 $R \times \text{tg} (90^\circ - \varphi)$; φ = latitude du lieu.
Le cercle horizon passe par E et W.

3 - Le cercle de hauteur situé à n degrés au-dessus de l'horizon coupe la ligne méridienne ou ligne de 12 heures à une distance du centre de l'héliolabe de :

$R \times \text{tg} (\varphi - n)/2$
Le rayon de ce cercle est égal à $(R/2) [\text{tg} (\varphi - n)/2 + \text{cotg} (\varphi - n)/2]$

4 - le centre du cercle du vertical Est-Ouest passant par E, z et W est à une distance au-dessous du centre du cercle de l'héliolabe de:
- $R \times \text{tg} \varphi$

QUELQUES PROBLEMES RESOLUS PAR L'HELIO LABE.

1 - Déterminer l'heure du lever et du coucher du Soleil.

Positionner la date désirée de l'écliptique sur le cercle de l'horizon (côté Est) et placer l'alidade à l'intersection des deux cercles pour lire l'heure sur le cercle extérieur.

2 - Lire l'heure locale.

Mesurer la hauteur du Soleil (par exemple grâce au quadrant de Copernic) Placer la date sur le cercle de hauteur calculée, amener l'alidade à l'intersection de la date et du cercle de hauteur et lire l'heure sur le cercle des heures.

3 - Déterminer l'heure de passage du Soleil au vertical Est-Ouest.

Au printemps et en été le Soleil se lève au Nord-Est et se couche au Nord-Ouest. Dans sa course diurne il franchit le vertical Est-Ouest le matin et l'après-midi à une heure bien précise.

En automne et en hiver le Soleil ne peut franchir le vertical Est-Ouest car il se lève vers le Sud-Est et se couche vers le Sud-Ouest. Ce phénomène est bien visualisé par l'héliolabe.

Placer la date sur le vertical Est-Ouest (arc de cercle passant par E, le zénith et W) et amener l'alidade à l'intersection des deux cercles pour lire l'heure.

4 - Connaitre la déclinaison du Soleil à une date déterminée.

Placer l'alidade sur la date choisie et lire la déclinaison du Soleil sur l'alidade (la déclinaison étant la distance angulaire du Soleil par rapport à l'équateur).

5 - On peut d'autre part constater:

- qu'à une heure déterminée (10 h par exemple) la hauteur du Soleil varie suivant la date ou la saison: placer l'alidade à 10 h et faire tourner l'écliptique.

- Que l'azimut du lever du Soleil varie suivant la date.

- Il est intéressant de faire des observations sur la culmination du Soleil à midi suivant la date etc...

Chacun pourra avec des tympans de latitudes diverses faire de très intéressantes observations sur le mouvement apparent du Soleil et ses différentes positions dans l'espace.