

ASTROLABE

Théorie, définition, construction et mode d'emploi

Un astrolabe est une représentation de la sphère céleste sur un plan.

Il s'agit d'un instrument :

- de mesure, qui permet de définir la hauteur d'un astre (la nuit) ou du Soleil (le jour),
- de calcul astronomique, qui permet de :
 1. définir les heures solaires en fonction de la date et de la hauteur du Soleil (le jour) ou d'une étoile (la nuit).
 2. déterminer les heures de lever, de coucher et de passage au méridien de tout astre, dont le Soleil.

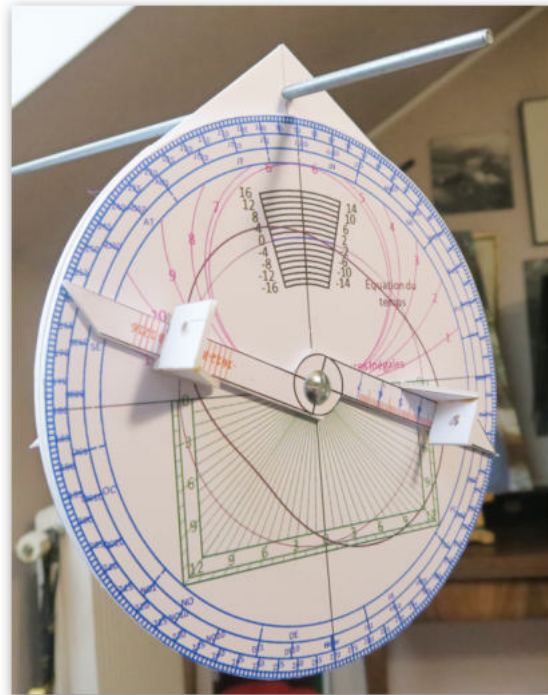
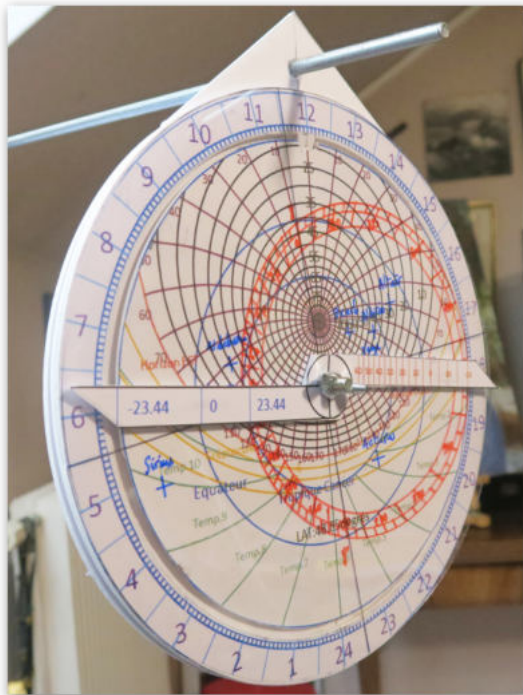
Un astrolabe dépend de la latitude du lieu d'observation et n'est donc défini que pour une latitude donnée.

Nous nous intéresserons à un astrolabe « moderne », donnant :

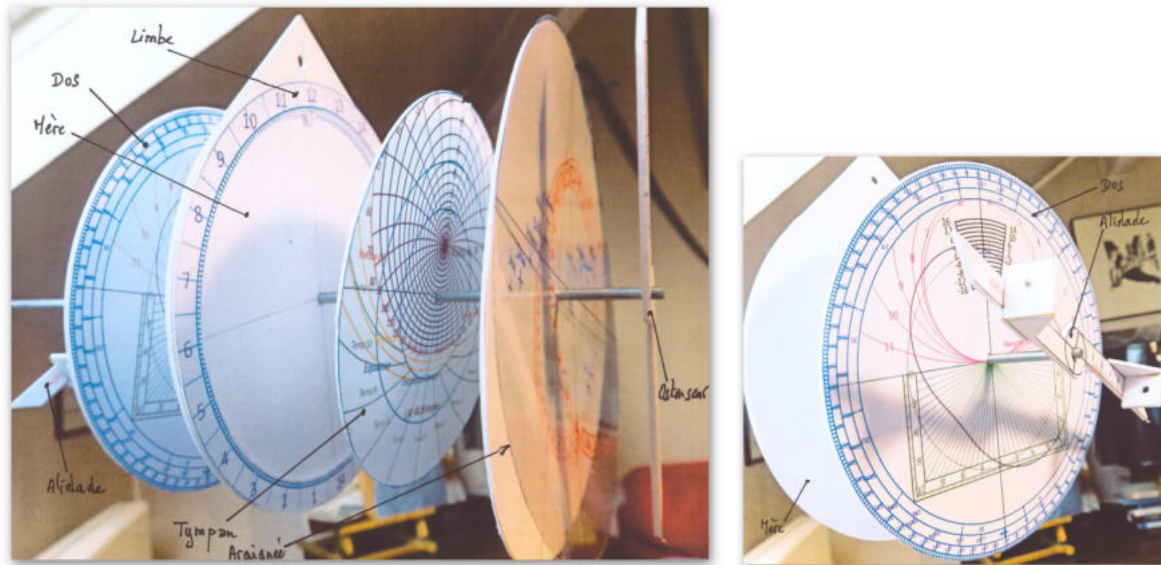
- la valeur de l'équation du temps en fonction de la date, permettant ainsi, si nous connaissons la longitude du lieu d'observation, de transformer l'heure solaire en heure légale.
- les indications des longitudes écliptiques du Soleil entrant dans chacune des constellations zodiacales (13) en lieu et place des signes zodiacaux (12).

L'astrolabe construit est un astrolabe planisphérique, obtenu par projection stéréographique.

Photo de l'astrolabe construit :



Éléments constitutifs d'un astrolabe :

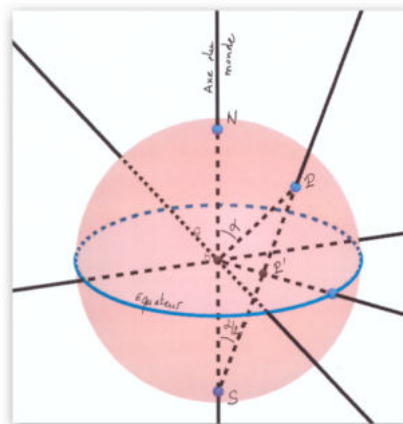


Part 1

Théorie

1-Projection stéréographique :

La projection stéréographique est une projection d'une sphère sur un plan en plaçant l'œil sur la sphère, le plan étant perpendiculaire à l'axe œil / centre de la sphère. Dans le cas particulier de l'astrolabe planisphérique, l'œil est effectivement placé au pôle Sud et le plan de projection est l'équateur (ou un plan qui lui est parallèle, cela ne change que la proportion). Mais il existe également un autre type d'astrolabe, qualifié d'universel, qui utilise la projection stéréographique sur le plan du colure des solstices.



Cette projection est une projection « conforme », c'est-à-dire une projection qui conserve les angles entre les différentes courbes tracées sur la sphère céleste.

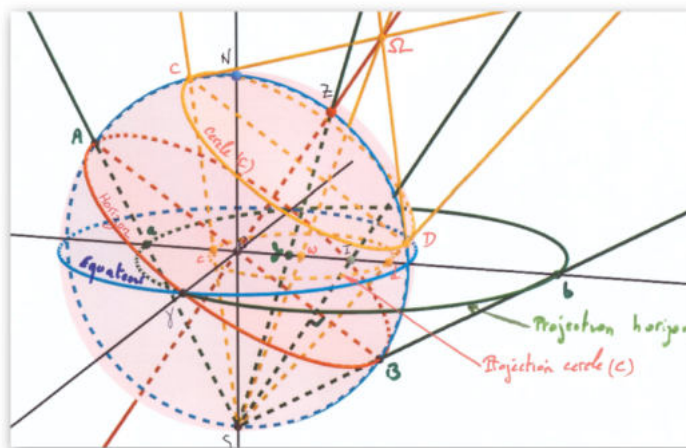
La projection s'effectuant sur l'équateur, tout angle défini sur cet équateur est un invariable, ce qui concerne, en particulier, les ascensions droites du Soleil et des astres.

Un arc de grand cercle vu du centre O de la sphère céleste sous l'angle α , est vu du centre de projection S sous l'angle $\alpha/2$; P se projette en P' , $OP' = R \cdot \tan(\alpha/2)$ (R étant le rayon de la sphère céleste choisi d'une manière arbitraire).

Tout cercle sur la sphère céleste se transforme en un cercle ou une droite (pour tout cercle passant par le centre de projection S). Le centre de ce cercle projeté est la projection du sommet du cône tangent à la sphère céleste le long du cercle considéré.

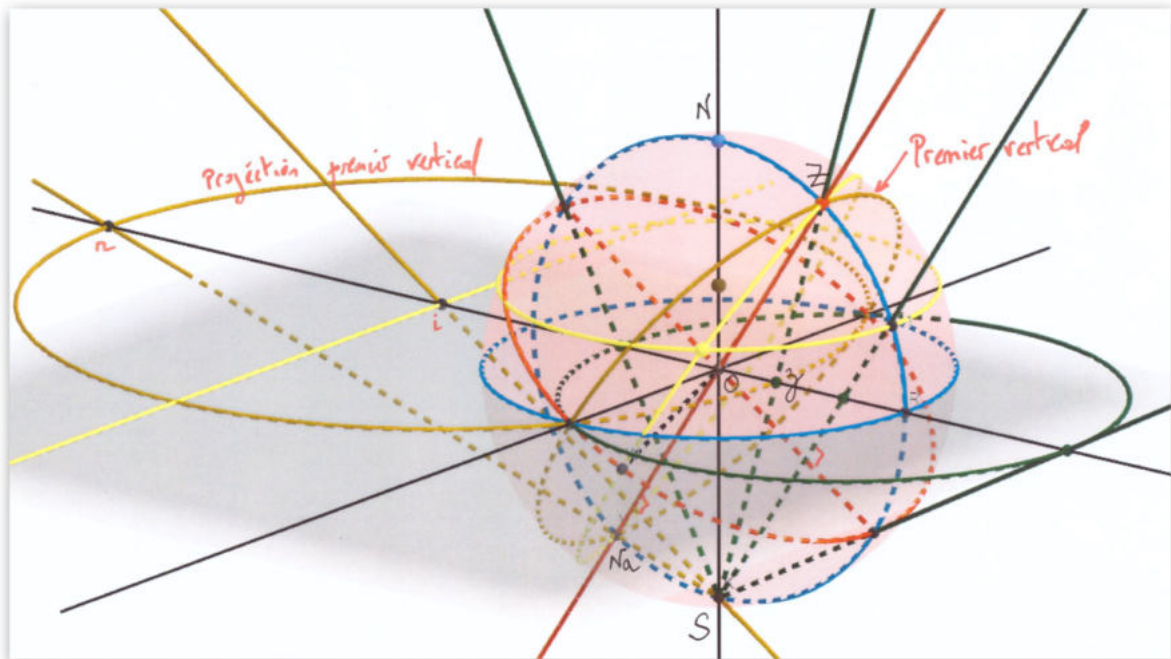
Projection horizon :

Le zénith (Z) se projette au point (z) sur le plan de l'équateur. Le grand cercle de l'horizon (AB) se projette en un cercle (ab), dont le centre I est l'intersection avec le plan de l'équateur céleste (qui porte le diamètre ab) de la perpendiculaire au diamètre AB (le sommet du cône tangent à la sphère céleste le long du grand cercle (AB) étant rejeté à l'infini). La perpendiculaire au diamètre ab dans le plan de l'équateur céleste porte le point vernal Υ .



Projection cercle de hauteur :

Tout cercle de hauteur (C), appelé « almicantar » , parallèle à l'horizon, se projette en un cercle (c), dont le centre est la projection du sommet du cône tangent à la sphère céleste au cercle (C).

Projection cercle azimut :

La projection du grand cercle, contenant le Zénith et le Nadir, perpendiculaire au plan méridien, est appelé « premier vertical » : c'est le plan azimut 90° . Sa projection passe par les projections : z et n respectivement du Zénith Z et du Nadir Na, et son centre : i est l'intersection de la perpendiculaire à la droite joignant le Nadir au Zénith, avec la droite zn (dans le plan de l'équateur céleste).

Tout cercle d'azimut passant par Z et Na se projette en un cercle passant par leurs projections z et n ; son centre est donc sur la médiatrice de zn dans le plan de l'équateur céleste.

Un cercle d'azimut fait un angle Az avec le plan méridien, (coté Zénith), compté dans le sens direct : angle entre les tangentes au zénith Z aux grands cercles : méridien et azimut considéré. En projection stéréographique qui conserve les angles, l'angle de la tangente zt au cercle azimut projeté au point z, se retrouve donc avec la droite projection du grand cercle méridien et est donc égal à l'angle azimut Az. Le centre du cercle azimut projeté se retrouve donc sur la perpendiculaire à la tangente zt au point z. Ce centre est à l'intersection de cette perpendiculaire avec la médiatrice de zn.

Limitation :

Tout point au dessus de l'équateur se projette à l'intérieur du cercle équateur (qui, rappelons-le, est invariable), tout point en dessous de l'équateur donc dans l'hémisphère Sud se projette à l'extérieur du cercle équateur ; de manière à limiter les dimensions d'un astrolabe, la surface projetée est limitée à la projection du cercle du tropique du Capricorne (qui est dans l'hémisphère Sud).

Pour être facilement compréhensible, les différentes illustrations de la projection stéréographique sont présentées avec le plan méridien parallèle à la page de l'illustration.

La représentation de l'astrolabe qui contient les projections sur le plan de l'équateur céleste est tournée de 90° vers la gauche, le sud étant orienté vers le haut, l'horizon Est étant situé à gauche et l'horizon Ouest à droite, la projection du Zénith étant au dessus de l'horizontale.

Part 2

Description Astrolabe

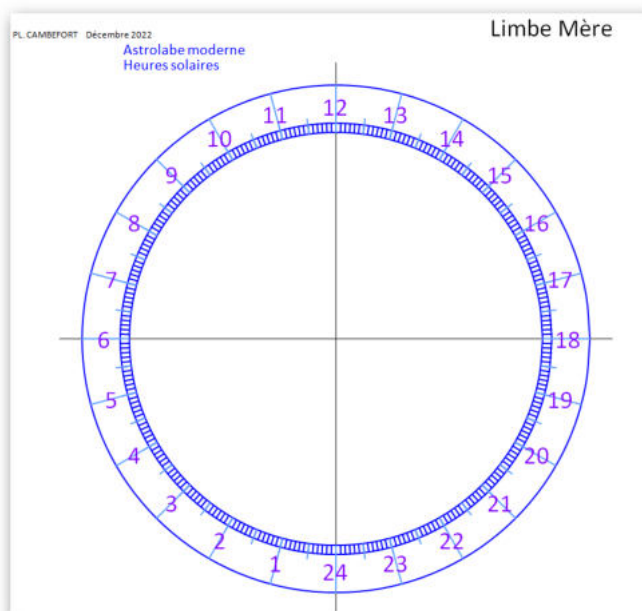
2-Face avant d'un astrolabe :

A- La mère :

Porte l'ensemble des constituants de l'astrolabe. Pour pouvoir définir la hauteur d'un astre, grâce à l'alidade (voir plus loin), la mère doit être tenue verticalement, dans le plan de l'astre.

Pourtour de la mère : le limbe gradué en 24 heures ; il sert à lire l'heure solaire vraie, comme une horloge. Sur la figure ci-dessous, le limbe est gradué de 5 minutes en 5 minutes (rappelons qu'une heure de temps représente 15° de longitude).

L'heure solaire est nulle au passage du Soleil au méridien ; nous avons rajouté 12 heures à toutes les valeurs du limbe, par souci de simplification.



B- Le Tympan :

Le tympan, défini pour une latitude donnée, est contenu dans la mère à l'intérieur du limbe. Son axe méridien, contenant la projection du Zénith, est vertical. Ce tympan contient :

a- **Zénith :**

Intersection SZ avec l'équateur : ze, d'ordonnée $Oze = R \cdot \tan(45 - LAT/2)$.

Cercle horizon :

Centre cercle : intersection de la perpendiculaire, issue du pôle de projection

S à la ligne de l'horizon HNHS, avec équateur, d'ordonnée $R/\tan(LAT)$.

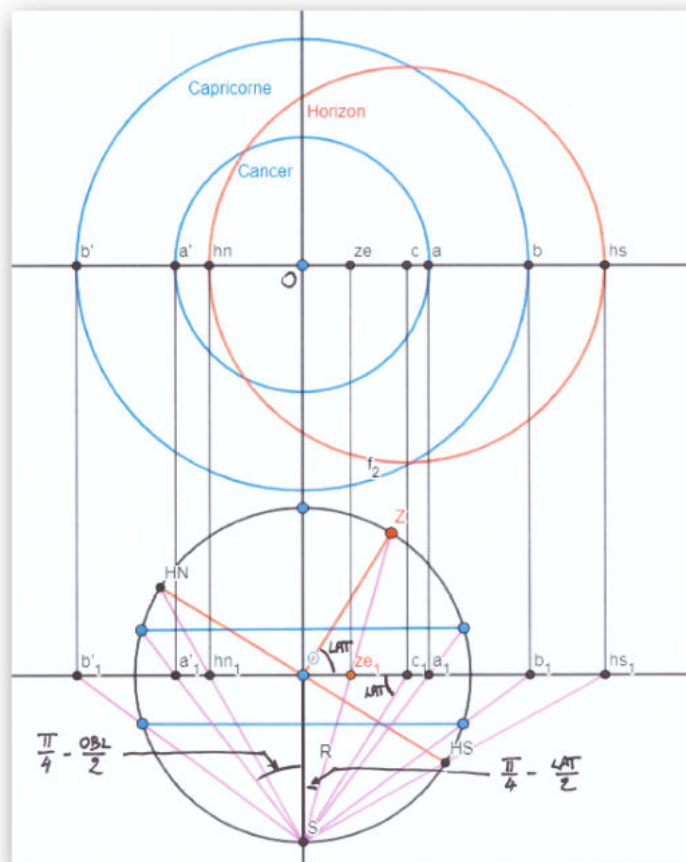
Cercle limité par ses intersections avec le cercle du tropique du Capricorne.

Cercle horizon HNHS se transforme en un cercle hnhs:

$$O_{hn} = -R \cdot \tan(LAT/2)$$

$$O_{hs} = R \cdot \tan((180 - LAT)/2)$$

$$\text{Rayon} = R/2 \cdot (\tan(LAT/2) + 1/\tan(LAT/2))$$



b- **Équateur et tropiques :**

Cercles de centre O (centre du tympan)

Rayons cercle tropiques = $R \cdot \tan(45 - OBL/2)$ (OBL= valeur de l'obliquité / + OBL pour le tropique du cancer / -OBL pour le tropique du Capricorne).

Cercle équateur de rayon R.

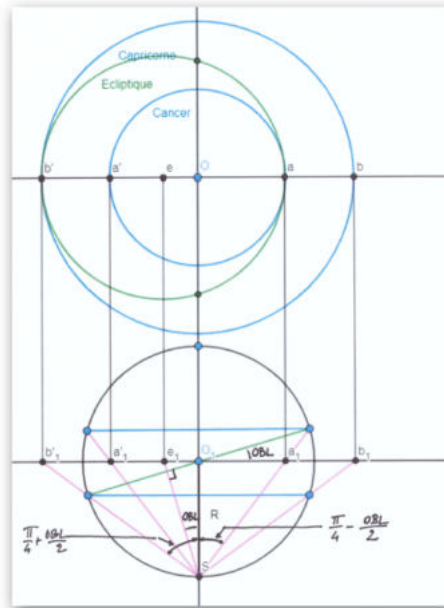
c- **Écliptique :**

Cercle tangent aux cercles tropiques Cancer et Capricorne.

Centre d'ordonnée : $Oe = R \cdot \tan(OBL)$

Rayon : $Re = R \cdot (\tan(45 + OBL/2) - \tan(45 - OBL/2))/2$

Les points vernaux Υ et Υ' sont à l'intersection du cercle éclipse et du cercle équateur (vertical central du tympan)



d- Angles horaires :

Grands cercles de diamètre l'axe du monde SN : se transforment en droite passant par le centre du tympan O.

Conservation des angles $1h = 15^\circ$, que l'on retrouve sur le limbe.

e- Almicantarats :

Projection stéréographique des cercles de hauteur au dessus de l'horizon.

Courbe de hauteur = cercle de centre sur la verticale d'ordonnée :

$$R \cdot \cos(\text{LAT}) / (\sin(\text{LAT}) + \sin(h))$$

$$\text{et de rayon} = R/2 * (\tan((\text{LAT}-h)/2) + \cotan((\text{LAT}+h)/2))$$

f- Cercles azimut :

Cercles passant par Z et N_a , donc en projection passant par z et n .

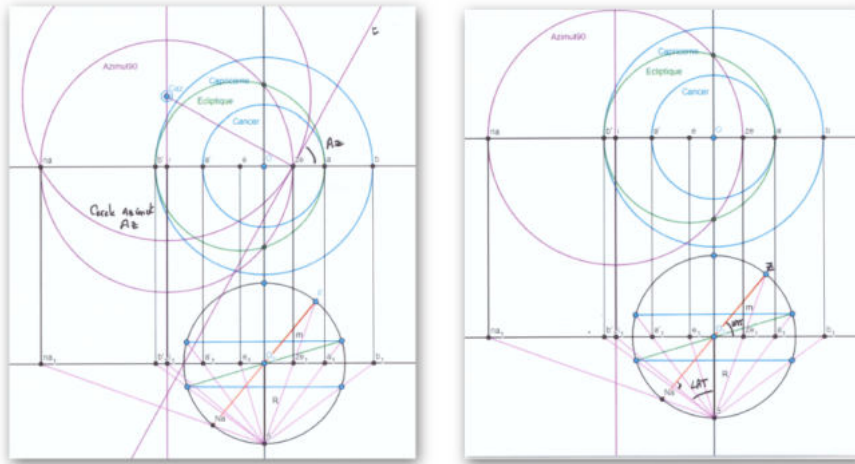
Centres sur la médiatrice de zn (intersection i)

$$iz = R / \cos(\text{LAT})$$

$$Oi = R * \tan(\text{LAT})$$

$$iCaz = iz * \tan(\text{Az} - \pi/2)$$

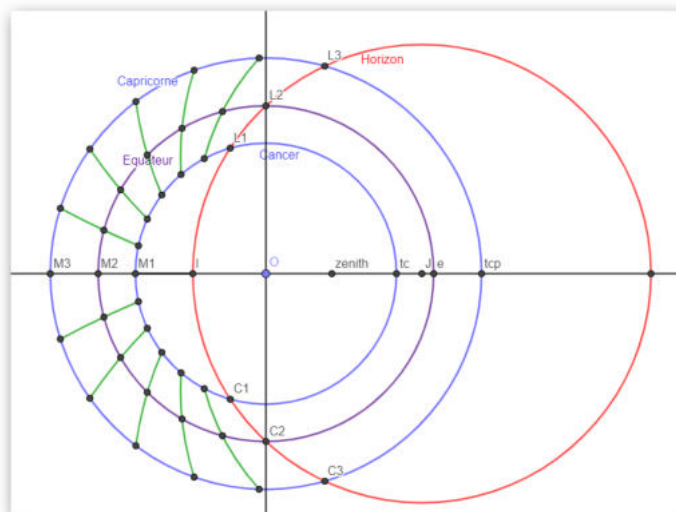
$$Raz = R / (\cos(\text{LAT}) * \sin(\text{Az}))$$



g- Courbes heures inégales :

Les heures inégales sont tracées sur le tympan, en dessous de la ligne d'horizon : elles correspondent aux heures inégales de nuit.

En se positionnant successivement sur un cercle correspondant à une déclinaison définie, connaissant les points correspondant au lever et au coucher du Soleil, l'amplitude entre ces 2 points du lever et du coucher du Soleil est divisée par 12. Lorsque le Soleil se couche, il est 0 heure inégale. Lorsqu'il passe au méridien inférieur (Nord), il est 6 heure inégale. Au lever du Soleil, il est 12 heures inégales.



Au solstice d'été, (tropique du Cancer), le Soleil se couche en C1, passe au méridien inférieur en M1 et se lève en L1 ; on divise l'arc L1C1 en 12 parties égales et on obtient ainsi la première série de points permettant de tracer les lignes d'heures inégales (qui ne sont pas des cercles). On recommence pour des cercles de différentes déclinaisons.

Les lignes d'heures inégales obtenues correspondent au centre du Soleil, hors réfraction.

Nous pourrons utiliser ces courbes d'heures inégales pour le jour, mais il faudra alors utiliser le point opposé au Soleil sur l'écliptique.

C- Araignée :

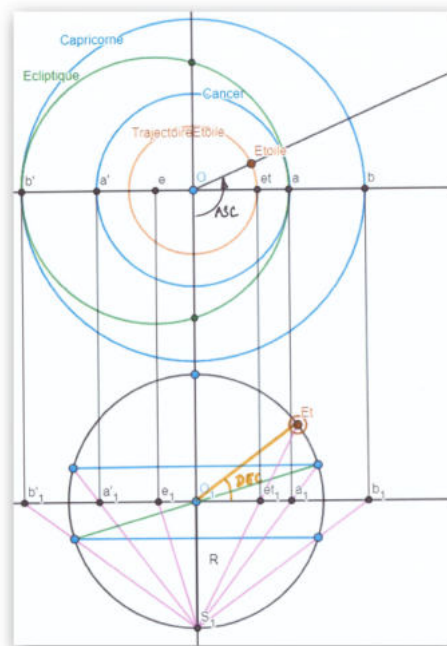
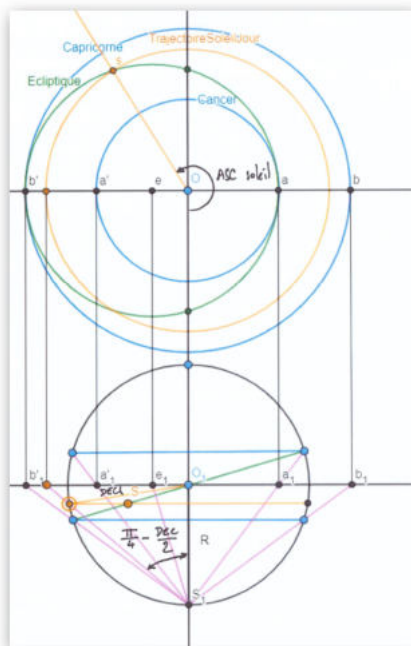
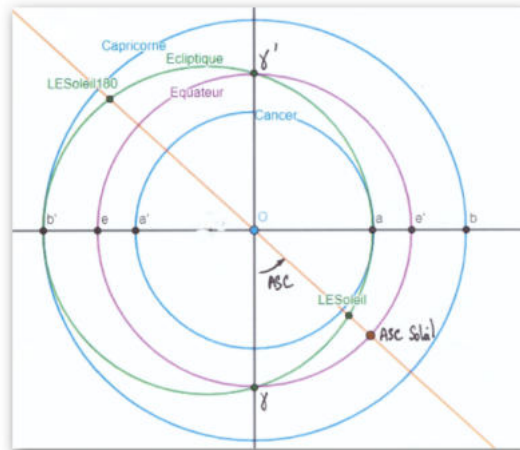
L'araignée, mobile autour du centre du tympan, porte l'écliptique et les étoiles.

Les ascensions droites ASC du Soleil et des étoiles, angles comptés sur l'équateur céleste à partir du point vernal dans le sens direct, sont inchangées dans la projection, étant repérées dans l'équateur céleste, qui est lui aussi inchangé.

Pour le Soleil, on calcule son ASC à partir de sa longitude écliptique « L », elle-même liée à la date dans l'année (voir plus loin) :

$$\text{Tan}(\text{ASC}) = \text{tan}(L) * \cos(\text{OBL})$$

Pour chaque longitude écliptique, on trace la demi-droite ASC et on prend son intersection avec le cercle écliptique :



Pour tout astre, défini par ses coordonnées équatoriales : ascension droite (ASC) et déclinaison (DEC), on calcule le rayon de son cercle trajectoire projeté :

$$Ra = R \cdot \tan(45 - DEC/2)$$

que l'on rapporte sur la demi-droite définie par son ASC.

Part 3

Description d'un astrolabe (suite)

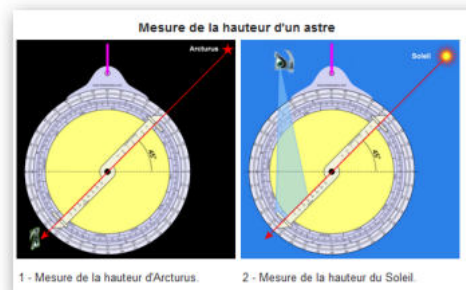
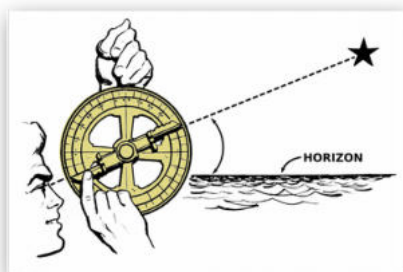
3- Face arrière d'un astrolabe :

A- Limbe dos astrolabe :

Un certain nombre d'informations est donnée sur le dos de l'astrolabe.

1- Mesure de la hauteur d'un astre ou du Soleil :

Son principal rôle consiste à déterminer la hauteur d'un astre ou du Soleil grâce à l'alidade muni de 2 pinnules permettant de viser l'astre ou le Soleil (d'une manière indirecte : ne jamais regarder le Soleil) :



2- Détermination de la longitude écliptique du Soleil en fonction de la date dans l'année:

Cette détermination permet de positionner le Soleil sur l'écliptique de l'araignée de l'astrolabe.

Rappelons, à cette occasion, que le Soleil décrit une ellipse, avec une vitesse variable, suivant les lois de Képler, et que le plan de cette ellipse est incliné, de la valeur de l'obliquité écliptique, sur l'équateur terrestre. Or tout calendrier est uniforme dans le temps au cours de l'année. Il faut donc marier les deux...

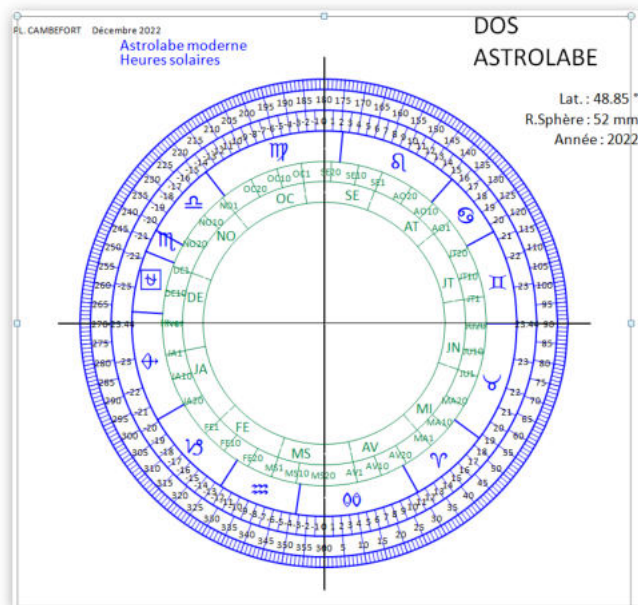
Cette détermination peut être effectuée de 2 façons par :

a- calendrier Zodiacal centré :

On calcule la déclinaison DEC du Soleil fonction de sa longitude écliptique L :

$$\sin(DEC) = \sin(OBL) * \sin(L)$$

Et les éphémérides donnent le jour de l'année avec la déclinaison.



Nous avons indiqué sur le schéma ci-dessus l'entrée du Soleil dans chacune des 13 constellations par la valeur de sa longitude écliptique.

Le point vernal est en partie inférieure ; de l'extérieur vers l'intérieur :

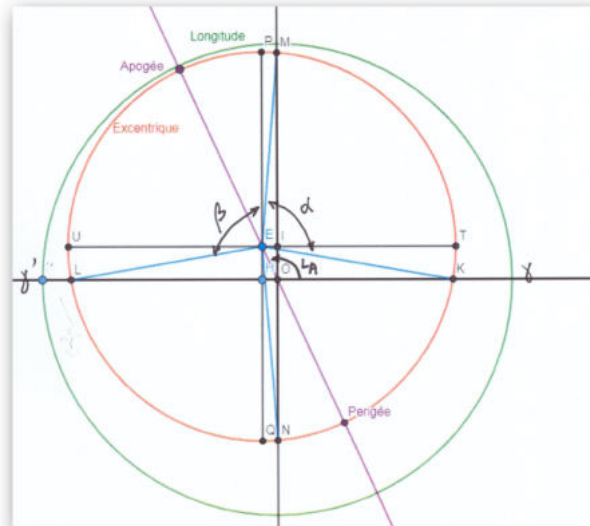
- longitude écliptique de degrés en degrés
- longitude écliptique de 5 ° en 5°
- déclinaisons Soleil
- symboles constellations
- calendrier
- mois calendrier

b- calendrier Zodiacal excentré :

Un calendrier zodiacal excentré comporte une couronne du calendrier divisée en 365 intervalles rigoureusement égaux mais que l'on excentre par rapport à la couronne portant les longitudes écliptiques du Soleil. Pour mettre en évidence le fait que le Soleil ne se déplace pas sur l'écliptique d'un mouvement uniforme, dans le courant d'une année, nous utiliserons ce cercle excentrique imaginé par l'astronome grec Hipparque.

On calcule les durées moyennes des saisons, en jours, sur 4 ans pour tenir compte des années bissextiles, que l'on transforme en degrés (sur 360°).

Soit E le centre de l'excentrique, cercle supposé parcouru par le Soleil d'un mouvement uniforme, mais qui ne sera plus perçu comme tel par l'observateur terrestre placé en O, centre de l'écliptique.



Pour que la durée de l'ensemble printemps-été soit supérieur à 180° et à l'ensemble automne-hiver, il faut que le centre E soit situé au dessus de la ligne équinoxiale $\Upsilon\Upsilon'$ de l'écliptique de centre O.

Pour que la durée de l'été soit supérieur à celle du printemps, il faut que ce centre soit situé à droite de la ligne solsticiale.

Avec les notations de la figure, α représentant la durée du printemps en degrés et β représentant la durée de l'été en degrés :

$$KT+LU=2*KT=\alpha+\beta-180^\circ$$

$$HE=R*\sin(KT)$$

$$2*PM=\beta-\alpha$$

$$EI=R*\sin(PM)$$

$$OE^2=HE^2+EI^2$$

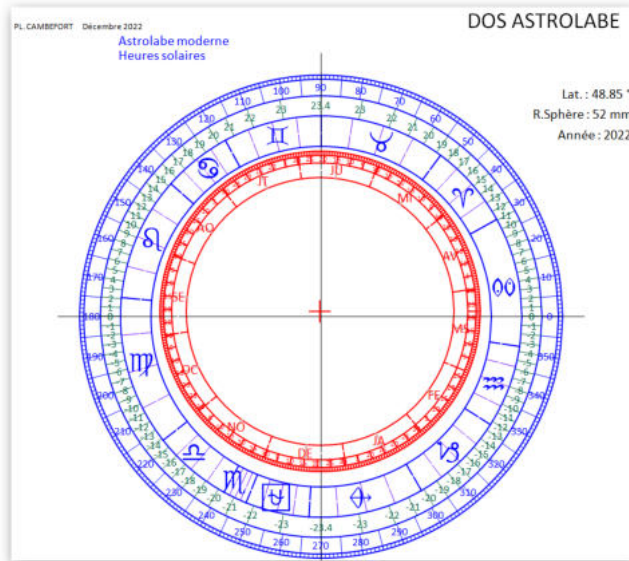
$$\text{Excentricité } e = OE/R$$

$$\sin(LA) = HE/OE$$

(LA étant la longitude de l'apogée)

Ce mode de calcul n'est pas d'une rigueur absolue mais d'une précision largement suffisante pour construire un calendrier zodiacal excentré (cf. « L'Astrolabe : Histoire, Théorie et Pratique » par Raymond d'Hollander).

Ci-dessous, le calendrier zodiacal excentré, le cercle en rouge, gradué en jours calendaires et en mois est le cercle excentrique.



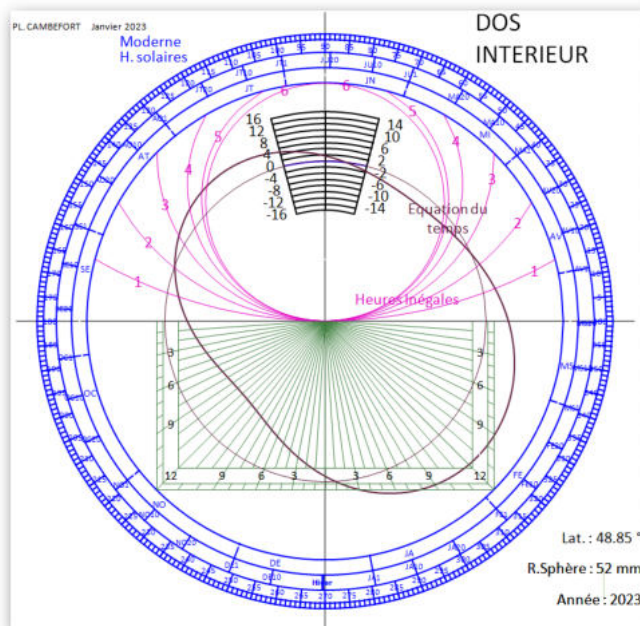
B- Intérieur dos astrolabe :

1- Équation du temps :

Pour chaque jour de l'année, l'équation du temps est calculée en minutes décimales et sa valeur est portée sur une courbe de centre, le centre de l'astrolabe.

L'alidade est positionnée sur le jour considéré de l'année sur le pourtour du dos (se reporter au chapitre suivant « Construction ») et permet de lire la valeur de l'équation du temps ; ce qui permet de transformer l'heure solaire vraie en heure légale si nous connaissons la longitude du lieu où nous trouvons :

$$HL = HS + EQT + \text{Longitude}$$



2- Détermination des heures inégales fonction de la hauteur du Soleil :

La hauteur du Soleil de jour est déterminée grâce à l'astrolabe, et l'heure inégale est déduite en alignement avec l'alidade (voir ci-après).

Construisons au-dessus de l'horizontale six cercles dont les centres sont sur la direction Oy verticale et qui sont tous tangents en O à la direction Ox. Ces cercles ont pour rayon :

$$R = A / (2 * \sin(T))$$

- A étant le rayon du cercle intérieur dans lequel les différents cercles sont représentés.
- T exprimés en degrés correspond aux valeurs des heures inégales (1 heure inégale = 15°), compté à partir de la direction Ox qui correspond à l'horizontale et donc au lever du Soleil. Midi, soit 6 heures inégales, est représenté par le cercle de diamètre A.

Arrêtons les tracés de ces cercles à leurs points d'intersection avec le quart de cercle de centre O et de rayon A. L'heure inégale correspondant à chaque cercle est lue par l'intersection du cercle correspondant avec ce demi-cercle de rayon A.

La méthode est rigoureuse aux équinoxes (déclinaison du Soleil nulle). Dans ce cas particulier, la détermination donne des heures égales, décomptés à partir du lever du Soleil.

Le résultat n'est qu'approché en dehors des équinoxes.

1.1 - Calcul de la hauteur du Soleil au passage au méridien :

$$H = 90^\circ - \phi + \delta$$

Ou utilisation du tympan de l'astrolabe pour la latitude du lieu considéré en positionnant le point solaire du jour actuel sur l'araignée et en le positionnant sur le méridien.

1.2 – Positionnement de l'alidade sur cette hauteur

1.3 – Faire une marque sur l'alidade à l'endroit où il coupe le cercle 6 heures.

1.4 – Tourner l'alidade pour pointer le Soleil qui possède une hauteur h au moment de l'observation.

1.5 – La marque sur l'alidade a décrit une portion de circonférence et occupe maintenant une position qui indique l'heure inégale (interpolée entre deux des cercles d'heures inégales). Il faut savoir si nous sommes le matin ou l'après-midi.

3- Carré des ombres :

A un instant de la journée, on vise le Soleil avec l'alidade qui rencontre par exemple, l'échelle horizontale du carré des ombres à une certaine graduation : g.

Si h est la hauteur du Soleil à cet instant, on a alors :

$$1/\tan(h) = g/12$$

L'échelle horizontale permet les déterminations des hauteurs h du Soleil supérieures à 45° .

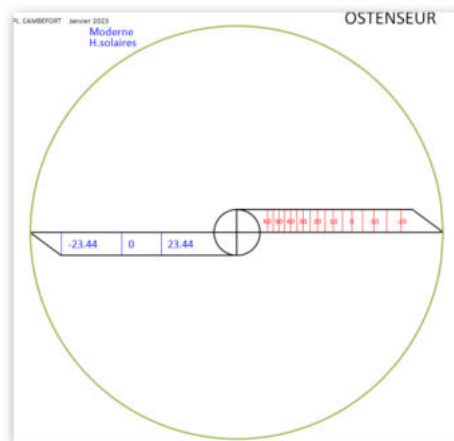
L'échelle verticale permet les déterminations des hauteurs h du Soleil inférieures à 45° ; si h' est la hauteur du Soleil, alors :

$$\tan(h') = g/12$$

4- 4-Éléments mobiles :

A- Ostenseur :

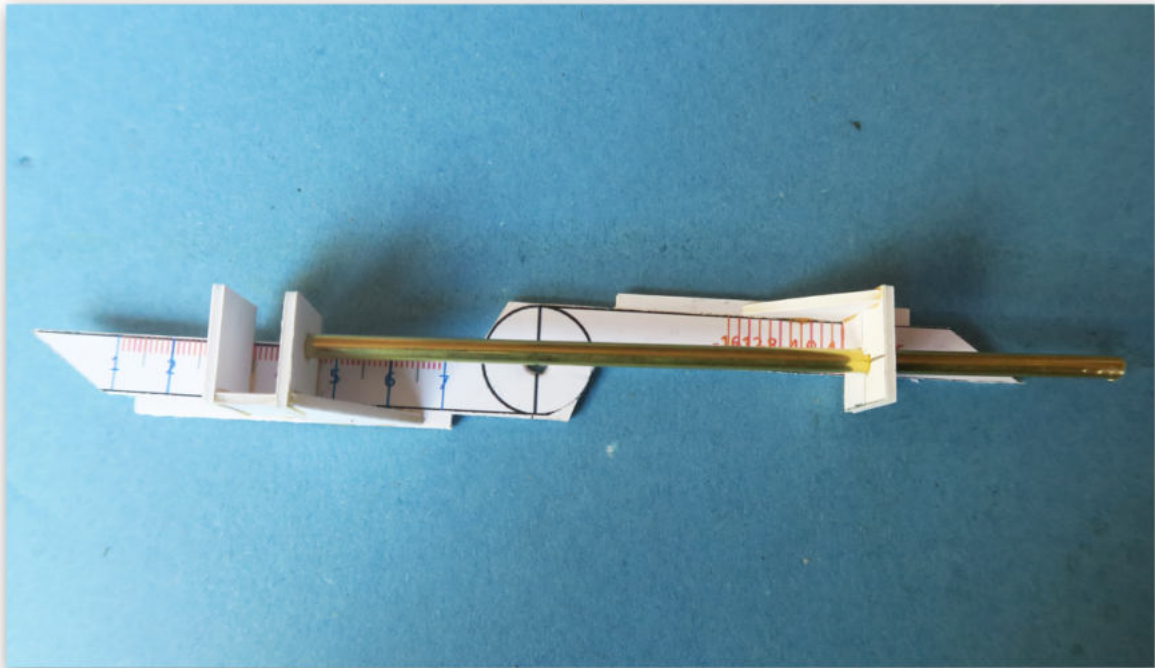
Réglette (ou tige mobile), coté araignée, permettant de visualiser la position du Soleil sur l'écliptique de l'araignée et de lire plus facilement les heures solaires. Les bras de cette réglette sont gradués en déclinaisons (hauteurs Soleil par rapport à l'équateur).



B- Alidade :

Tige mobile, coté dos de l'astrolabe, équipé de 2 pinnules ayant chacune un petit trou ou œilleton, qui servent à déterminer la hauteur des étoiles ou celle du Soleil (par son ombre).





L'un des bras de l'alidade est gradué en minutes d'équation du temps, à lire sur la courbe d'équation du temps, en fonction de la date pointée sur le calendrier en périphérie.

L'autre bras est gradué de manière à pouvoir repérer facilement la position à 6 heures inégales (midi), pour la hauteur du Soleil au méridien, pour lire ensuite, grâce à cette position, l'heure inégale correspondant à la hauteur du Soleil mesuré, au jour donné.

Part 4

Construction

L'astrolabe, qui va être construit, a été conçu à partir du logiciel VBA EXCEL ; les différentes faces de cet astrolabe ont été réalisées en les mettant toutes à la même échelle à partir des calculs effectués et furent imprimées à partir d'une imprimante standard n'acceptant que des formats A4. Ceci a donc limité la taille du diamètre extérieur maximum de l'astrolabe à 19 centimètres.

1- Limbe Dos :

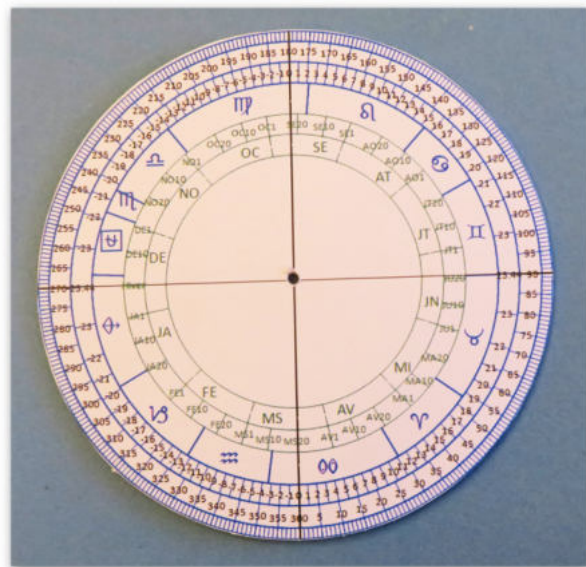
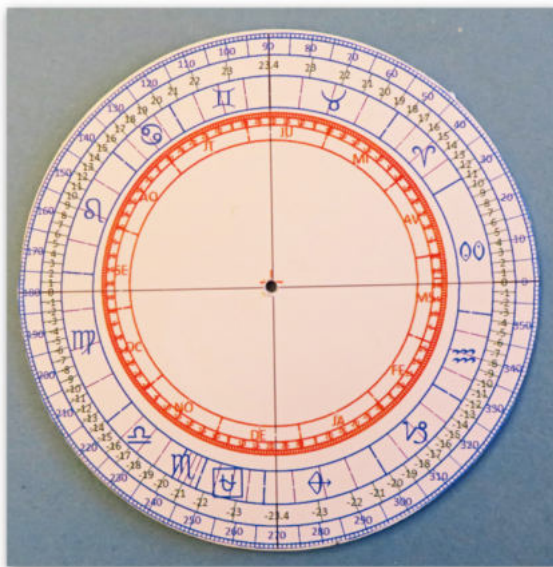
Le limbe du dos d'un astrolabe (partie périphérique), permet de transformer une date de l'année en longitude éclipstique du Soleil (en degrés décimaux sur 360°).

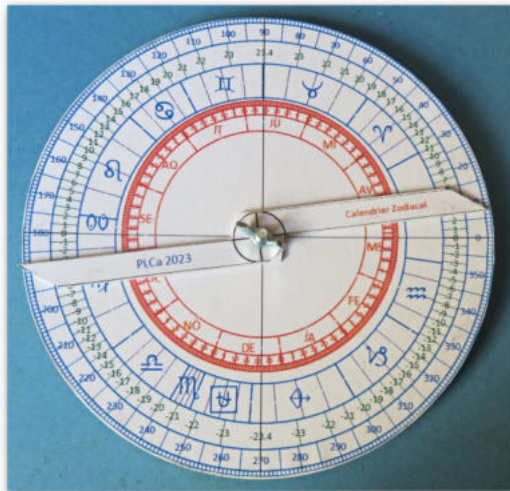
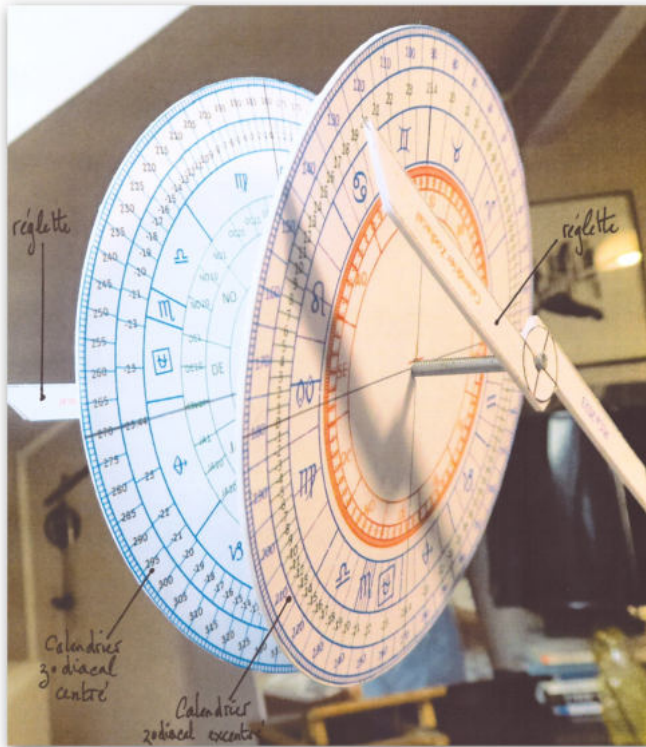
Nous avons souhaité faire correspondre à ces longitudes éclipstiques, les entrées du Soleil, à l'époque actuelle, dans les constellations entourant l'écliptique : soit 13 constellations en prenant en compte la constellation d'Ophiuchus. Ci-après un tableau donnant la correspondance date d'entrée et longitudes éclipstiques :

Constellations	Bélier	Taureau	Gémeaux	Cancer	Lion	Vierge	Balance	Scorpion	Ophiuchus	Sagittaire	Capricorne	Verseau	Poisson
Symboles Const.	♈	♉	♊	♋	♌	♍	♎	♏	♐	♑	♒	♓	♈
Entrée soleil dans Const.	19.5 avril	14.5 mai	21.0 juin	20.0 juillet	10.5 août	16.5 sept.	31.0 oct.	23.0 nov.	30.5 nov.	17.5 dec.	20.5 janvier	15.5 fevrier	12.0 mars
Long. soleil entrée	29	53.5	90	118.5	138.5	174.5	218	241	248	266.5	300	327.5	351.5

Rappelons que dans l'antiquité, les 12 signes Zodiacaux avaient chacun une amplitude de 30° le long de l'écliptique et que le Soleil entrait dans la constellation du bélier le 21 mars. Suite à la précession des équinoxes (50.3 secondes d'arc par an), une constellation se décale de 30° en 2147 ans, ce qui justifie ce décalage d'un signe Zodiacal depuis 2 millénaires.

De manière à éviter d'avoir la partie du dos à l'intérieur du limbe trop faible pour la quantité d'informations qu'elle doit contenir, nous avons séparé le limbe du dos de sa partie inférieure.





et avons ainsi créé un « astrolabe » supplémentaire contenant le calendrier Zodiacal centré sur une face et le calendrier Zodiacal excentré sur l'autre face.

2- Partie intérieure du dos de l'astrolabe :

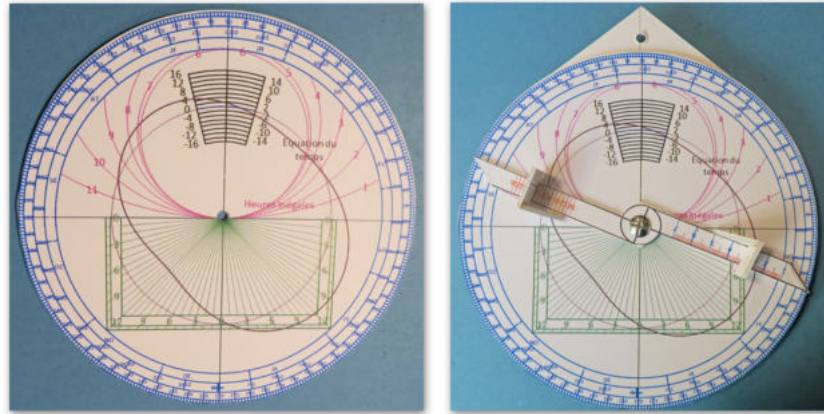
Nous avons créé un dos intérieur en oubliant les calendriers zodiacaux traités ci-dessus.

Ce dos intérieur comprend :

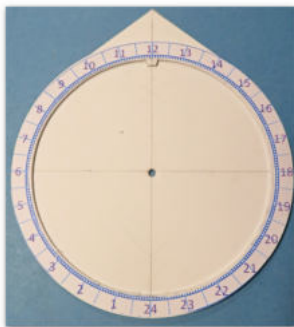
- a- En périphérie, une graduation en degrés, permettant, grâce à l'alidade, de mesurer la hauteur d'un astre ou du Soleil et un calendrier grégorien

permettant de repérer par la date sélectionnée, la valeur de l'équation du temps

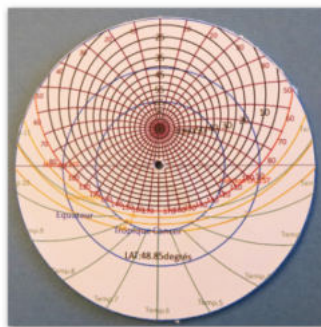
- b- Au-dessus de l'horizontale, le graphique donnant l'heure inégale fonction de la hauteur du Soleil
- c- En dessous de l'horizontale, le carré des ombres
- d- La courbe donnant l'équation du temps en minutes.



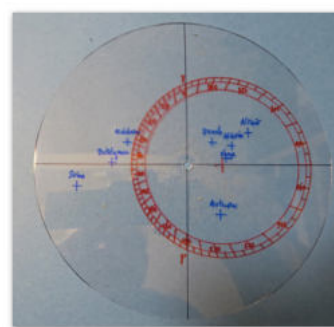
3- La face avant de l'astrolabe



Le limbe de la mère



Le tympan



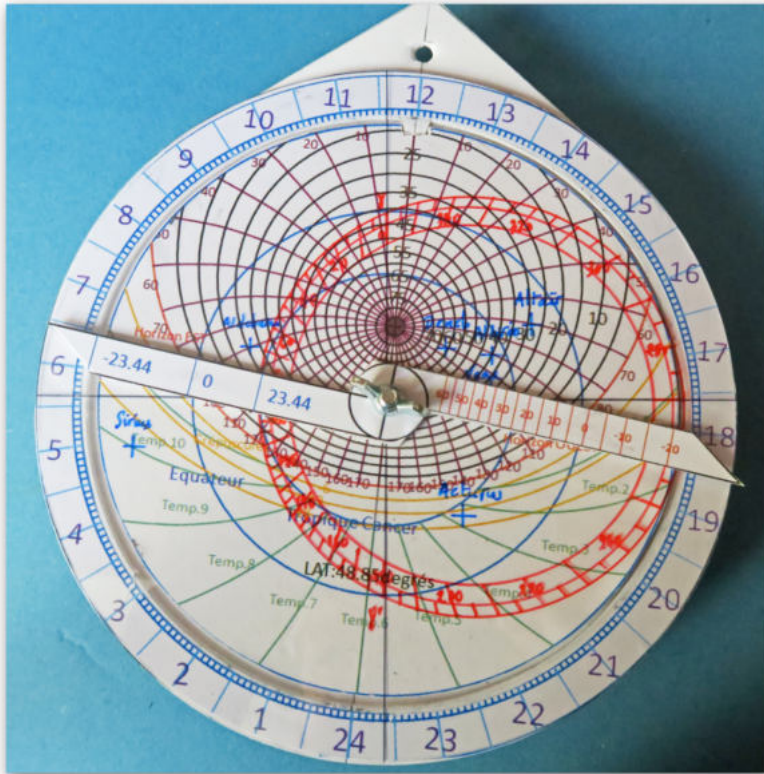
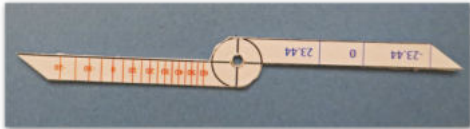
L'araignée

Le tympan, correspondant à la latitude sélectionnée, est installé dans la mère avec son méridien vertical, associé aux indications 12 et 24 du limbe.

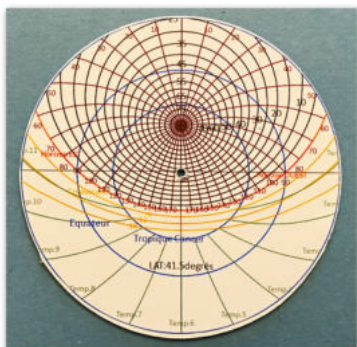
L'araignée, réalisée sur une feuille de rhodoïd, est mobile autour de l'axe de l'astrolabe.

Nota : Dans la construction de l'astrolabe, nous avons porté sur l'araignée un certain nombre d'étoiles dont :

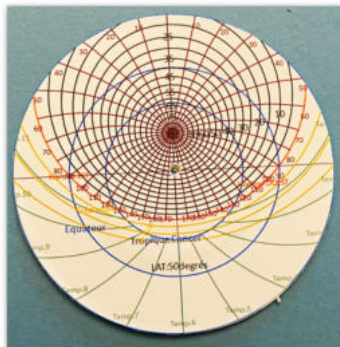
- a- Bételgeuse : ASC=5h 55min 10.3sec DEC=7° 24' 25.3''
- b- Acturus : ASC=14h 15min 40 sec DEC=19° 10' 56''
- c- Sirius : ASC=6h 45min 9 sec DEC=-16° 42' 58''
- d- Altaïr : ASC=19h 50min 47sec DEC=8° 52' 6''
- e- Aldébaran : ASC=4h 35min 55.2sec DEC=16° 30' 33.5''
- f- Véga : ASC=18h 36min 56.3sec DEC=38° 47' 1.3''
- g- Deneb : ASC=20h 41min 26sec DEC=45° 16' 49.2''
- h- Albiréo : ASC=19h 30min 43.3sec DEC=27° 57' 34.8''



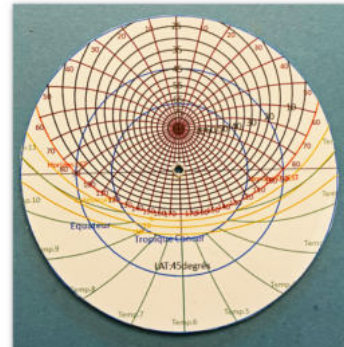
Différents tympans pour différentes latitudes:



Latitude : 41.5°



50°



45°

Part 5

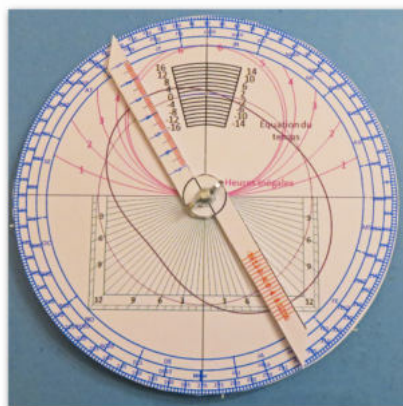
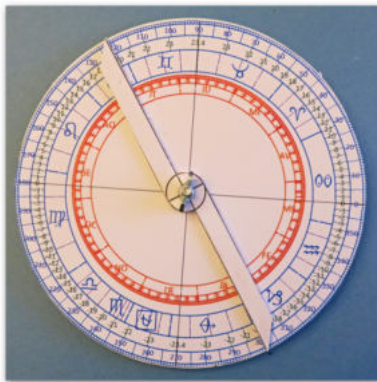
Utilisation

Avec un tympan pour la latitude de 48.85° .

1- Position du Soleil dans son parcours annuel :

Le Soleil parcourt l'écliptique en un an. En un jour, le Soleil parcourt le cercle de déclinaison.

Nous sommes le 20 janvier dans le calendrier grégorien : par les calendriers zodiacaux excentré et centré, la longitude écliptique du Soleil est de 300° et le Soleil rentre dans la constellation du Capricorne.



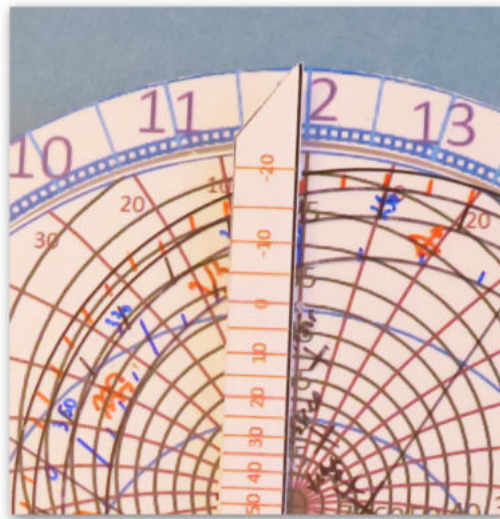
Pour cette même date, l'équation du temps est donnée à un peu plus de 10 minutes.

Nota : Pour être précis, les calculs donnent 300.11 degrés de longitude écliptique et 10 minutes 56 secondes pour l'équation du temps.

2- Lever, coucher, passage au méridien du Soleil , heure solaire pour une hauteur donnée du Soleil :

En positionnant le point solaire ainsi défini sur l'araignée, nous en déduisons une déclinaison de -20° et une hauteur de culmination au passage du méridien de 20.5° au dessus de l'horizon (pour une latitude de 48.85°) : intersection de l'ostenseur positionné sur le point solaire (300° de longitude écliptique) dans la direction Sud avec les cercles de hauteur.

On vérifie : $h = 90 - \text{LAT} + \text{DEC} = 90 - 48.85 - 20 = 21.15^\circ$



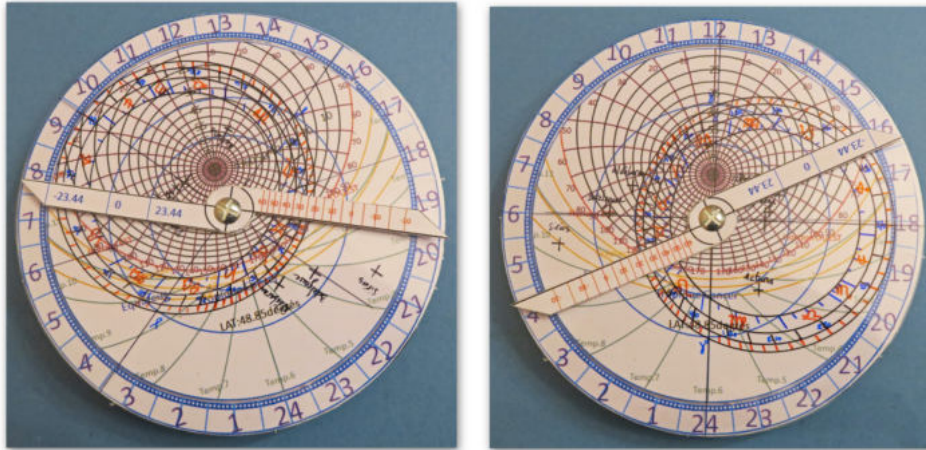
Si l'on veut connaître la hauteur maximale du Soleil au cours de l'année, il suffit d'amener le point solaire sur la position 90° de l'araignée : solstice d'été (entrée du Soleil dans la constellation des Gémeaux), puis sur le méridien sud et de lire sur les almicantarats la hauteur maximale : 64° .

($h = 90 - 48.85 + 23.45 = 64.6^\circ$).

L'ostenseur étant sur le point solaire du jour considéré et en faisant tourner l'araignée pour amener le point solaire sur l'horizon Est ou Ouest, le biseau de l'ostenseur indique l'heure solaire du lever ou du coucher du Soleil ce jour là. Dans cette position, l'azimut du Soleil au lever ou au coucher est indiqué par les cercles d'azimut :

Lever : 7.45 heure solaire, azimut 59° est

Coucher : 16.25 heure solaire, azimut 59° ouest.



Nota : pour être précis, avec les calculs, l'azimut est de 58.47° est ou ouest et le lever/coucher du Soleil en heure légale : 8.68h. et 17.35h. soit :

$$HS=8.68-10/60+2.333/15-1=7.67 \text{ heure dec.}=7\text{h } 40\text{min}$$

$$HS=17.35-10/60+2.333/15-1=16.34 \text{ heure dec.}=16\text{h } 20\text{ min}$$

Si l'on veut connaître l'heure solaire le jour considéré, quand la hauteur du Soleil est de 15° , on amène le point solaire sur l'almicantarat de 15° et l'ostenseur indique l'heure solaire du matin ou du soir.

3- Détermination de la date fonction de la hauteur (ou l'azimut) et de l'heure solaire :

Il existe 2 points solaires opposés sur l'écliptique répondant à cette double condition ; il nous faut connaître approximativement la période de l'année considérée pour choisir le point solaire correct.

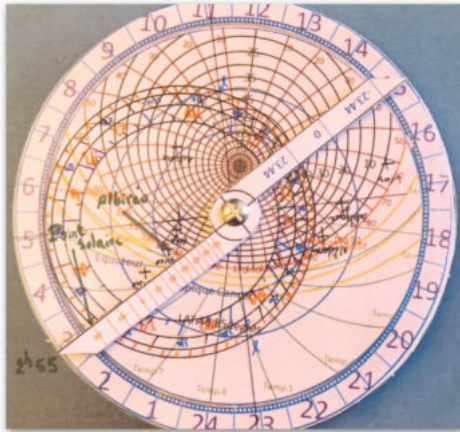
Le point d'intersection du biseau de l'ostenseur placé sur l'heure solaire et l'almicantarat correspondant à la hauteur du Soleil (ou le cercle azimut) est défini. L'araignée est tournée jusqu'à positionner le point solaire au point d'intersection défini précédemment.

4- Détermination de l'heure de lever d'une étoile de l'araignée, un jour donné.

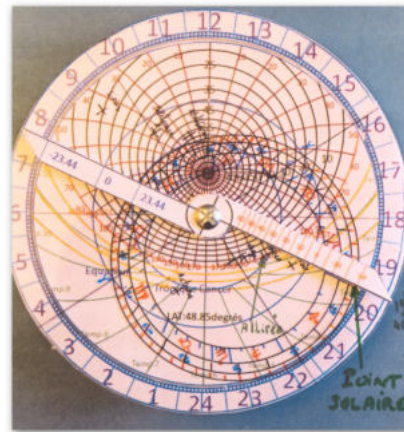
On définit le point solaire du Soleil pour la date donnée.

On positionne l'étoile sur l'horizon Est du tympan. L'ostenseur étant sur le point solaire, son biseau indique l'heure solaire du lever de l'étoile.

Exemple pour l'étoile Albiréo, ostenseur sur le point solaire du 20 janvier 2023 (300° longitude éclipstique):



Lever Albiréo : 2 heures 55 minutes

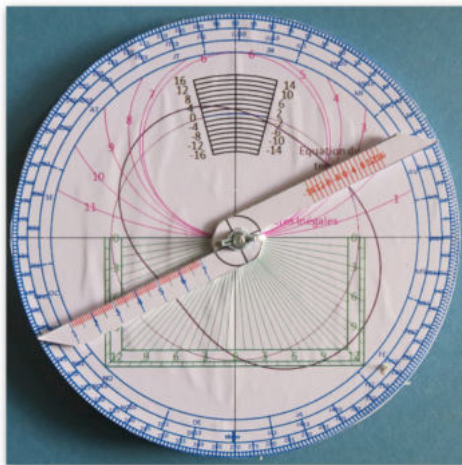


Coucher Albiréo : 19 heures 40 minutes

Mêmes opérations pour le passage au méridien (positionner les coordonnées étoile sur la verticale).

5- Détermination de la hauteur d'un astre :

Avec l'alidade, on vise un astre :

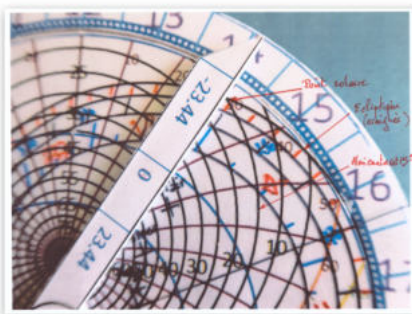
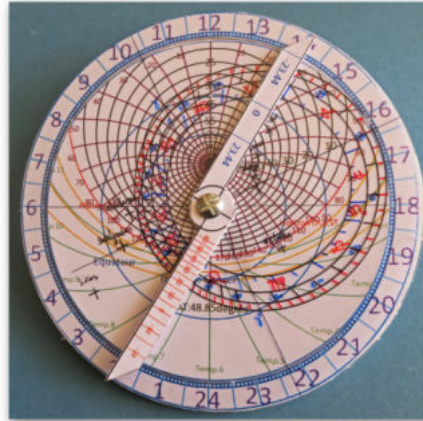


L'alidade donne sa hauteur lue sur l'échelle périphérique : ici 26°.

Mais on peut aussi déterminer cette hauteur en utilisant le carré des ombres : l'échelle verticale donne l'indication 6, donc $\tan(h) = 6/12$ et $h = 26.565^\circ$.

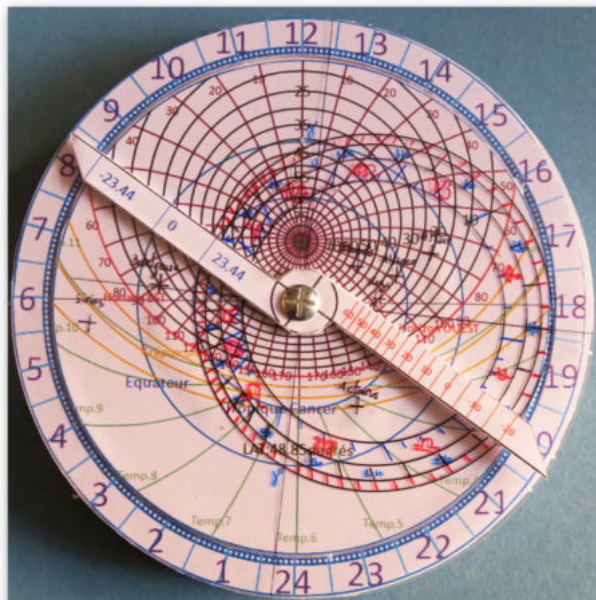
6- Détermination heure inégale (temporaire) :

Nous sommes le 20 janvier ; la hauteur du Soleil est 15° (point solaire sur almicantarat 15). Les heures temporaires tracées sur le tympan sont sous l'horizon (nuit). Il faut donc utiliser le point antisolaire sur l'écliptique de l'araignée. Il est donc 8 heures 40 en heure inégale de jour.



7- Utilisation du diagramme heure inégale au dos de l'astrolabe :

Nous sommes le 21 mai ; la longitude éclipstique du Soleil est 60° .



La hauteur du Soleil est 40° , il est 8 heures 25 (heure solaire) ; l'heure temporaire est 3 heures 15.

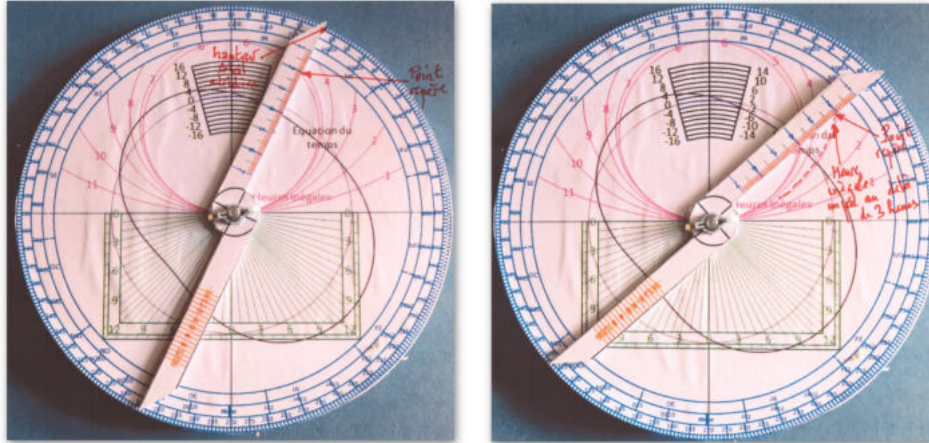
Pour utiliser le diagramme des heures inégales au dos de l'astrolabe, il faut connaître la hauteur du Soleil au méridien ce jour là.

Les Éphémérides donnent une déclinaison de 20.15° , d'où une hauteur Soleil au méridien de :

$$H_{\max} = 90 - 48.85 + 20.15 = 61.3^\circ$$

Nous pouvons aussi utiliser l'araignée de l'astrolabe avec le point solaire de 60° sur l'écliptique qui donne au méridien une hauteur maximale aux alentours de 62.5° .

Sur le diagramme du dos, il faut repérer le point d'intersection de l'alidade positionné sur la hauteur du Soleil au méridien avec le cercle 6 heures temporaires :



Puis tourner l'alidade pour se positionner sur la hauteur de 40° ; le point repère donne l'heure inégale : dans notre cas, légèrement supérieure à 3 heures.

N'oublions pas que ce diagramme du dos n'a rien à voir avec la projection stéréographique de l'astrolabe et qu'il ne donne des résultats justes qu'aux équinoxes.

8- Et beaucoup d'autres calculs !...

Pierre-Louis