

Commission des Cadrons Solaires Société Astronomique de France

La mesure du temps par les astres (cadrons solaires, méridiennes, astrolabes, nocturlabes...)

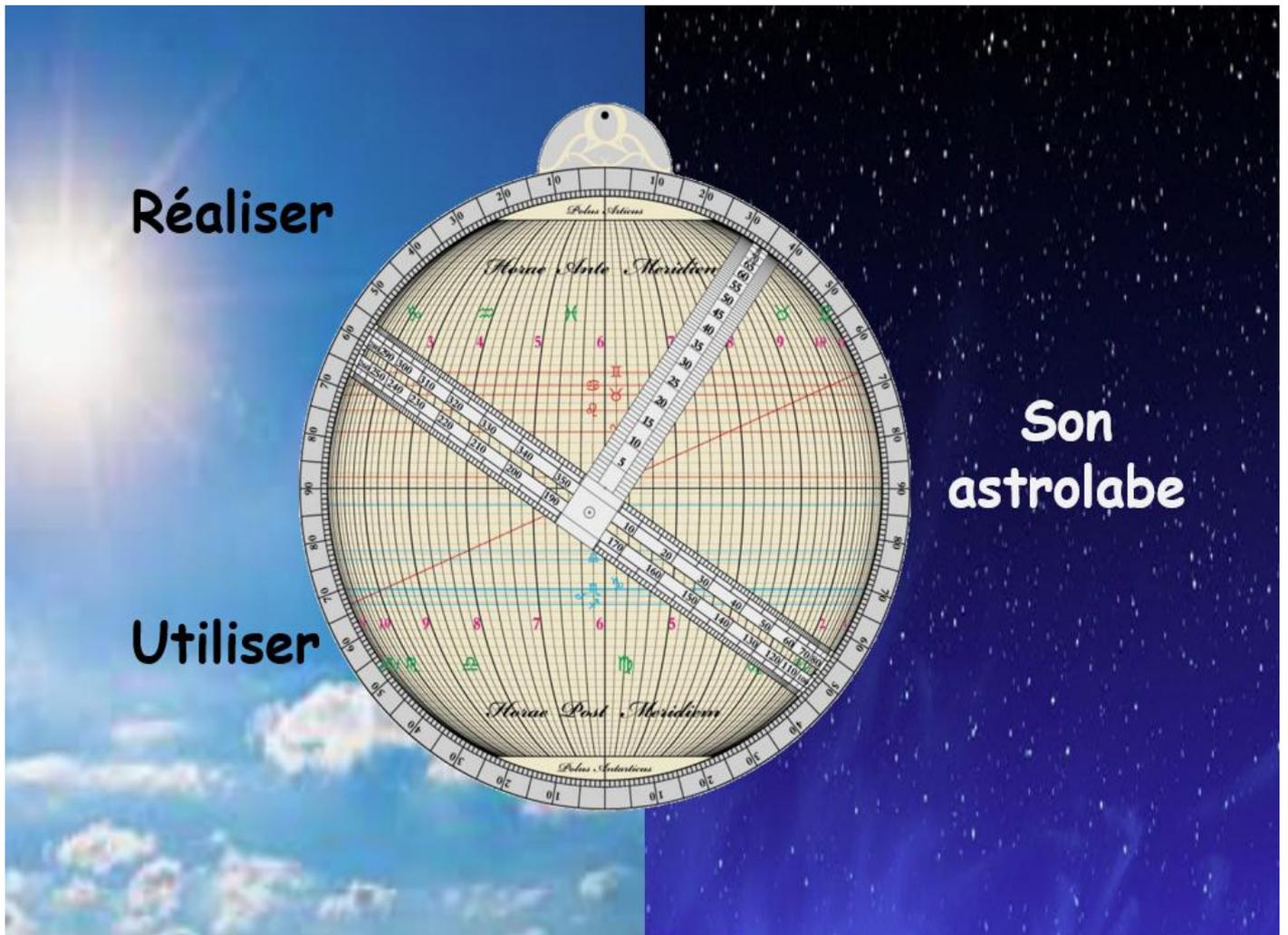
3 rue Beethoven 75016 Paris

<http://www.commission-cadrons-solaires.fr/>

Tél : 01 42 24 13 74

Guides gnomoniques *Cadran Info*

L'astrolabe universel de Juan de Rojas : de la réalisation à l'utilisation



GUIDES de gnomonique Cadran Info

Les 6 guides ci-dessous, sont issus principalement d'articles publiés dans la revue *Cadran Info* de la Commission des Cadrans Solaires (CCS), concernent la conception des cadrans solaires depuis leur inventaire, leur compréhension, leur réalisation et la vérification des tracés et plus précisément tous les domaines de la gnomonique.

- **La chasse aux cadrans solaires**
Découvrir, reconnaître, analyser un cadran solaire.
- **Astronomie et cadrans solaires pour débutants**
Comprendre le fonctionnement d'un cadran solaire.
- **Ensoleillement d'un cadran solaire**
Définir l'emplacement d'un cadran en fonction de son environnement.
- **Orientation et déclinaison gnomonique**
Savoir mesurer l'orientation d'un cadran solaire.
- **Outils numériques du gnomoniste**
Connaître les logiciels et applications de la conception, la réalisation et la vérification d'un cadran.
- **Réaliser son cadran solaire**
Retour d'expérience de... pour réaliser son cadran de A à Z

Ils sont en libre accès sur le site de la Commission : <https://ccs.saf-astronomie.fr/> page : <https://ccs.saf-astronomie.fr/les-50-ans-de-la-ccs-1972-2022/>

Vous trouverez également sur notre site

- La liste de tous les articles publiés dans la revue *Cadran Info*. Sous forme de tableur, ils peuvent être triés par type de sujet.

- Les numéros de *Cadran Info* (année A-5) à télécharger gratuitement : *Cadran Info* – Commission des Cadrans Solaires (saf-astronomie.fr).

- Les autres numéros à acheter sur : "boutique" de la SAF, rubrique "*Cadran Info*" : <https://boutique.saf-astronomie.fr> ou sur demande.

- La liste de plus de 50 logiciels/applications/tableurs gnomoniques. Chaque item (analyse cadran, déclinaison gnomonique, ensoleillement, éphémérides, astrolabes...) est identifié par une couleur.

Ce guide n° 7 concerne un autre type d'instrument de mesure du temps par les astres : l'astrolabe, et plus précisément *l'astrolabe universel de Juan de Rojas*.

Pourquoi ?

Un astrolabe dont l'origine du nom signifie « preneur d'astres » est un instrument de calculs astronomiques permettant de répondre à de nombreuses questions concernant le repérage dans le temps (lire l'heure solaire), de visualiser la configuration du ciel pour tout moment, de lire les heures de lever et coucher des astres, leurs positions dans le repère horizontal, équatorial, écliptique,.....

Pour tout cela nous avons imaginé ce guide.

Contenu ?

A partir de la description d'un astrolabe universel du XVIème siècle conçu par Juan de Rojas, réaliser son propre instrument pour une utilisation contemporaine à l'aide de son mode d'utilisation.

Un tracé à imprimer est donné afin que chacun puisse se confectionner son propre astrolabe et découvrir concrètement les nombreuses possibilités de lectures astronomique d'un tel objet.

GUIDE de gnomonique

Réalisation et utilisation de l'astrolabe universel de Juan de Rojas

Manuel réalisé par

Brigitte Alix

alixbrigitte78@gmail.com

Sommaire

INTRODUCTION	6
I – VERSION DU XVI^e siècle	
Présentation de l'instrument conçu par Juan de Rojas	8
Les différentes représentations	9
Description de la face avant	10
Lecture des coordonnées équatoriales	11
Lectures des coordonnées écliptiques	13
Relations entre signes zodiacaux, parallèles et méridiens	14
Lecture des coordonnées horizontales, hauteurs h, et azimuts A	15
Face avant complète de l'instrument	16
Face arrière de l'astrolabe	17
Détails de la face arrière	18
II – VERSION DU XXI^e siècle	
Face avant	20
Face arrière	22
Comparaison des dates d'équinoxe de printemps	23
La courbe d'équation du temps	24
III – USAGES DE L'ASTROLABE VERSION XXI^e siècle <i>Avec le soleil</i>	
III – 1 Connaissant la date, trouver la longitude écliptique λ_{ϵ} , l'ascension droite α_s , la déclinaison δ du soleil, et le parallèle qu'il décrit	25
III – 2 Trouver l'ascension droite α_s de tous les points de l'écliptique	27
III – 3 Connaissant la date, la latitude φ et le parallèle décrit par le soleil, lire les heures de lever et coucher du soleil et calculer la durée du jour.	30
III – 4 Mesurer la hauteur h du soleil	32

III – 5	Par la hauteur h du soleil, connaître son azimut A , l'heure solaire, et lire les hauteurs du soleil pour tout moment de la journée.	33
III – 6	Connaissant la déclinaison δ du soleil, trouver la latitude φ , et inversement connaissant φ trouver δ .	38
III – 7	Connaissant la latitude φ , l'azimut A et la hauteur h du soleil, lire l'heure solaire et trouver la date.	41
III – 8	Connaissant la date, la hauteur h du soleil et son azimut A , lire l'heure solaire et la latitude du lieu.	43
III – 9	Lire les heures des crépuscules, civil, nautique, astronomique, connaissant la date, la déclinaison δ , et la latitude φ .	45
III – 10	Connaissant l'heure solaire, déterminer les heures babyloniennes, italiennes et inégales.	47
III – 11	Trouver les amplitudes orientale et occidentale du soleil pour une latitude donnée, afin de connaître les azimuts au lever et coucher du soleil, et inversement, trouver la latitude à partir des amplitudes .	48
III – 12	De l'heure solaire à l'heure légale H_L	54
III – 13	Quelques applications dans l'hémisphère sud.	56
III – 14	Configurations particulières dans les 2 hémisphères.	62
IV – USAGES DE L'ASTROLABE VERSION XXI^e siècle <i>Avec les étoiles</i>		
IV – 1	Déterminer en fonction de la latitude φ les étoiles observables.	67
IV – 2	Connaissant la latitude φ trouver la déclinaison δ d'une étoile.	69
IV – 3	Connaissant α_E et δ les coordonnées équatoriales d'une étoile, lire ses coordonnées écliptiques λ_e et β , et inversement.	73
IV – 4	Date et latitude étant connues, repérer l'arc diurne d'une étoile, lire ses heures de lever et coucher, passage au méridien, et la durée de son parcours au dessus de l'horizon.	78
IV – 5	Lecture de l'heure solaire H_S en mesurant la hauteur d'une étoile.	80
V – GLOSSAIRE		85

INTRODUCTION

Présentation d'un astrolabe universel conçu par Juan de Rojas y Sarmiento au XVIème siècle, décliné en version du XXIème siècle pour une utilisation contemporaine.

Pour...

Comprendre et mener à bien la manipulation d'un astrolabe utilisable de nos jours, quelque soit la latitude du lieu et l'hémisphère (Nord ou Sud) de l'observateur.

Pourquoi ?

Partager l'expérience de plus de dix ans de recherches historiques, calculs et de fabrication d'astrolabes et d'autres objets : nocturlabe, quadrant, jovilabe...

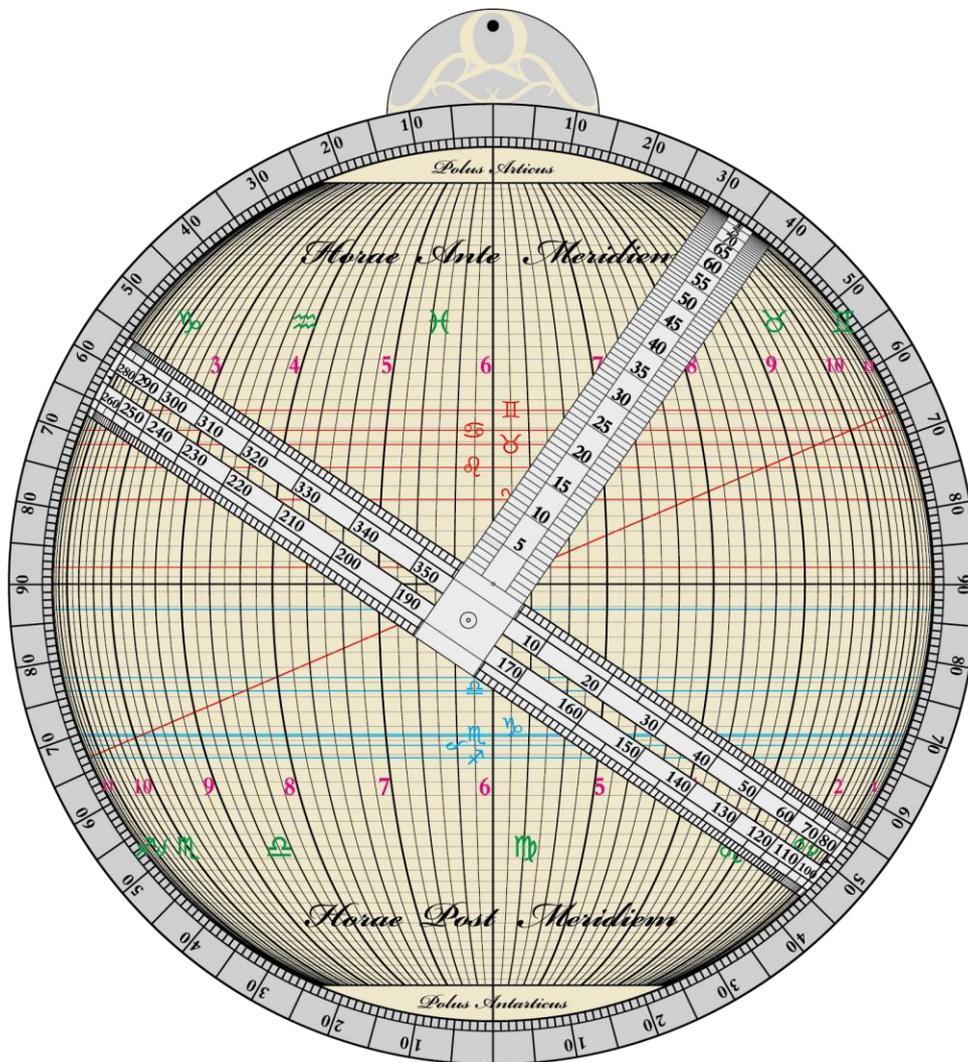
Permettre de résoudre par simples lectures de nombreuses questions astronomiques à l'aide du Soleil ou des étoiles.

Comment ...

- en présentant et expliquant un astrolabe universel du XVIème siècle
- en le transposant pour une utilisation à notre époque
- et en offrant la possibilité de réaliser son propre instrument à partir des fichiers joints à ce guide.

L'ASTROLABE UNIVERSEL DE JUAN DE ROJAS (XVI^e s.)

De la version du XVI^e s. à la version du XXI^e s.



Version du XXI^e s.

I) Version XVI^e s.

L'instrument, conçu par Juan de Rojas y Sarmiento, astronome, mathématicien espagnol du XVI^e s. comporte des tracés sur les 2 faces.

Il est destiné à être utilisé quelle que soit la latitude, d'où son appellation "universel".

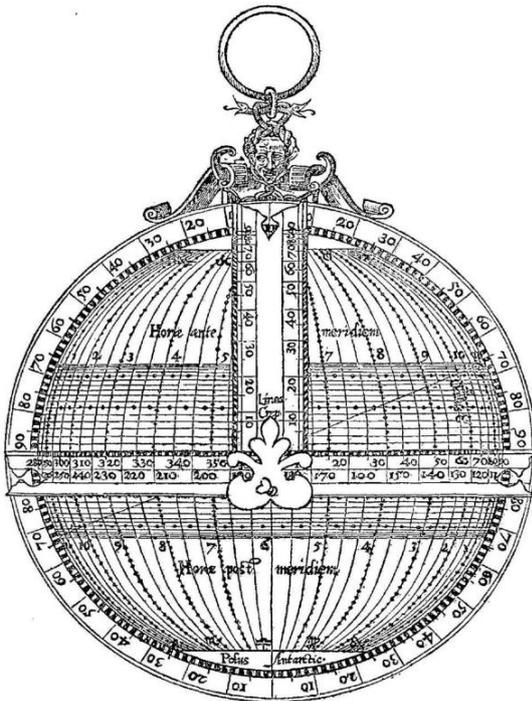


Illustration face avant.
Traité «Commentariorum in astrolabium»
Rojas1551

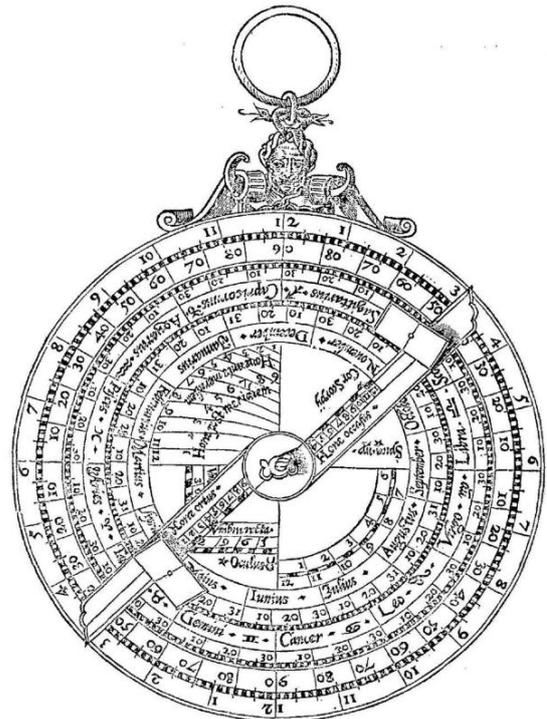


Illustration face arrière.
Traité «Commentariorum in astrolabium»
Rojas1551

Conception de l'instrument selon la description donnée par Nicolas Bion dans son ouvrage de 1702 : **"L'usage de l'astrolabe tant universel que particulier"**

"cet astrolabe (face avant) est la représentation des orbes célestes faites sur le plan du colure des solstices et du méridien joints ensemble, et ne faisant qu'un même plan. Cette projection suppose l'œil infiniment éloigné dans l'axe de ce plan et regardant tous les points de l'hémisphère opposé. Les rayons qui partent de ces points lui paraissent parallèles entre eux et à l'axe, à cause de leur distance infinie.

Les méridiens de la sphère céleste dans le plan du colure des solstices sont des ellipses, les parallèles célestes sont des droites."

Les tracés tels qu'énoncés sont obtenus par projection orthographique méridienne, le centre de projection étant à l'infini (point vernal γ), et présentent des symétries remarquables qui permettent l'utilisation de l'instrument dans les 3 systèmes, équatorial, écliptique, horizontal.

Représentation équatoriale :

plan de projection : colure des solstices
 axe horizontal Eq Eq' : équateur
 axe vertical : BB' axe des pôles de l'équateur
 point vernal : γ (en avant plan)
 point anti vernal : γ' (en arrière plan)
 coordonnées équatoriales :
 ascension droite α , déclinaison δ ,
 angle horaire **H**
 ellipses : cercles horaires d'égal angle horaire **H**
 parallèles : cercles de déclinaison δ

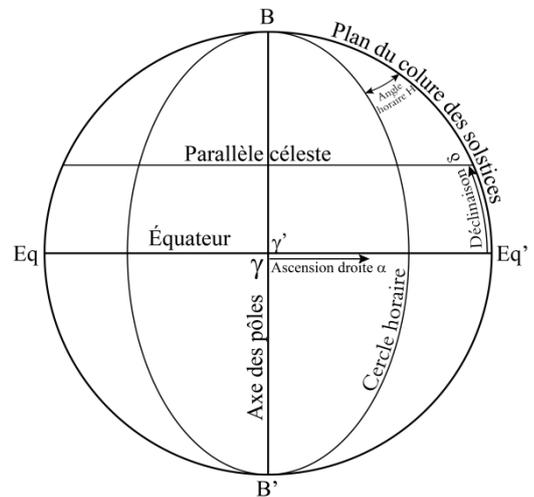


Fig. 1a

Représentation écliptique :

plan de projection : colure des solstices
 axe horizontal Ec Ec' : écliptique
 axe vertical : BB' axe des pôles de l'écliptique
 point vernal : γ (en avant plan)
 point anti vernal : γ' (en arrière plan)
 coordonnées : longitude λ_e et latitude écliptique β
 ellipses : méridiens écliptiques d'égal
 longitude écliptique λ_e
 parallèles : cercles de latitude écliptique β

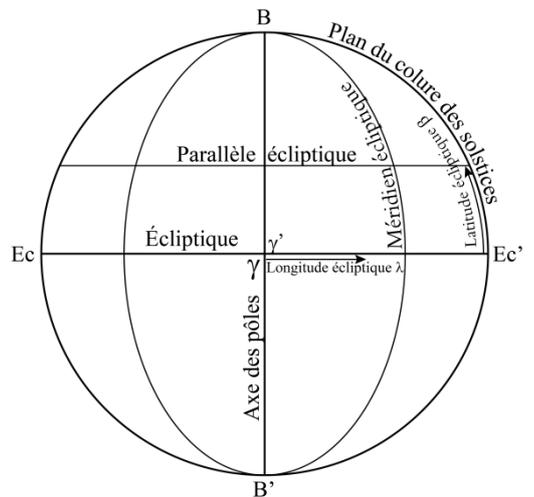


Fig. 1b

Représentation horizontale :

plan de projection : méridien du lieu
 axe horizontal HzHz' : horizon du lieu
 axe vertical : BB' axe zénith / nadir
 point cardinal Est : **E** (en avant plan)
 point cardinal Ouest : **O** (en arrière plan)
 coordonnées : azimut **A** et hauteur **h**
 ellipses : cercles d'égal azimut **A**
 parallèles : cercles de hauteur **h**

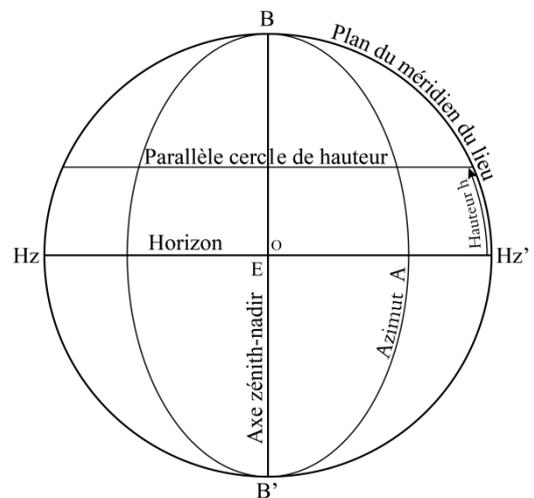


Fig. 1c

La face avant de l'instrument est composée des tracés suivants :

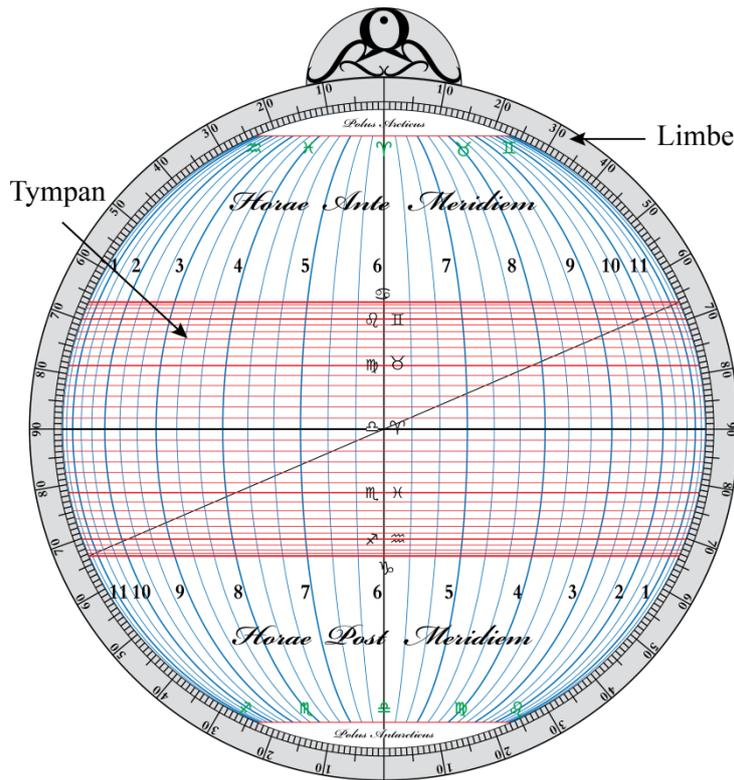


Fig. 2

Le **limbe** gradué en degrés représente en fonction du plan de référence :

équatorial : colatitude $\bar{\varphi}$ ou codéclinaison $\bar{\delta}$

écliptique : colatitude $\bar{\beta}$

horizontal : hauteur h considérant que $H_z H_z' = 0^\circ$

Le **tympan** :

ellipses tracées tous les 5° correspondent en fonction du plan de référence :

équatorial : cercles horaires H ou ascensions droites α

écliptique : longitudes λ_ε

horizontal : azimuts A

parallèles correspondent en fonction du plan de référence :

équatorial : cercles de déclinaison δ ou de latitude φ

les cercles de déclinaison sont tracés tous les 5° de longitude écliptique λ_ε

entre $+23^\circ30'$ (solstice d'été) et $-23^\circ30'$ (solstice d'hiver),

valeurs de référence de la déclinaison du soleil au XVI^e s

Sont également tracés les cercles polaires, arctique $+66^\circ30'$ et antarctique $-66^\circ30'$.

écliptique : cercles des latitudes écliptiques β

horizontal : cercles de hauteur h

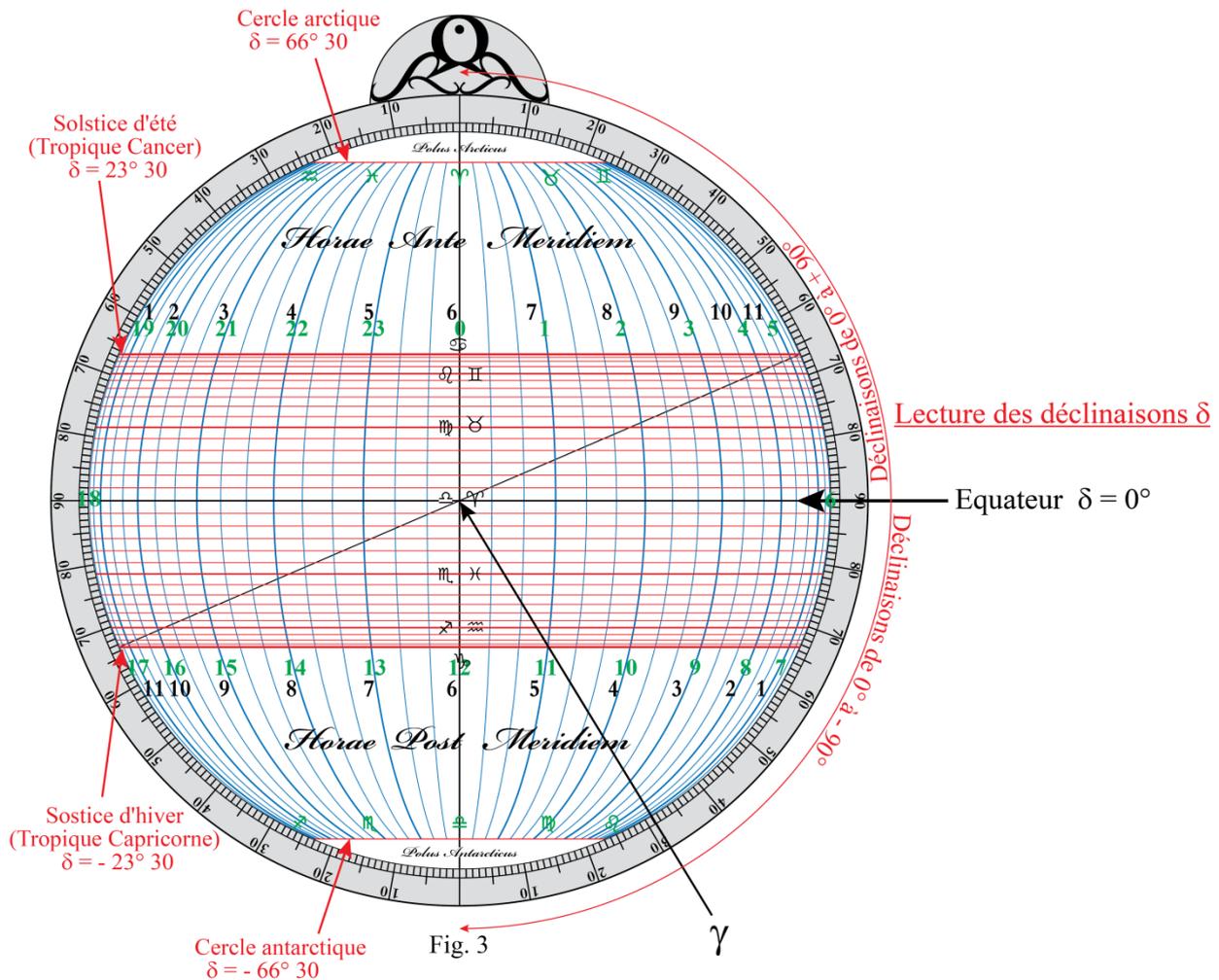
La diagonale passant par le centre de l'instrument représente l'écliptique ε par rapport au plan de l'équateur.

Lecture des coordonnées équatoriales :

ascension droite α , déclinaison δ , angle horaire H

Le plan de projection est le plan du colure des solstices, l'axe horizontal Eq Eq' (Fig.1a) représente l'équateur, et l'axe vertical BB' l'axe des pôles de l'équateur.

1) Ascension droite α et déclinaison δ



L'ascension droite α s'exprime en heures de 0 à 24h à partir de l'origine γ point vernal.

NB : les graduations en ascension droite ne sont pas inscrites sur l'instrument

L'écart entre les méridiens, tracés tous les 5° , représente 20 min d' α , soit 15° pour 3 méridiens ou encore 1h.

La déclinaison δ est positive dans l'hémisphère nord, au dessus de l'Equateur et négative dans l'hémisphère sud, sous l'Équateur.

Le limbe étant gradué en codéclinaison $\bar{\delta}$ pour lire la déclinaison δ il suffit de soustraire la valeur de $\bar{\delta}$ à 90° .

2) Angle horaire H

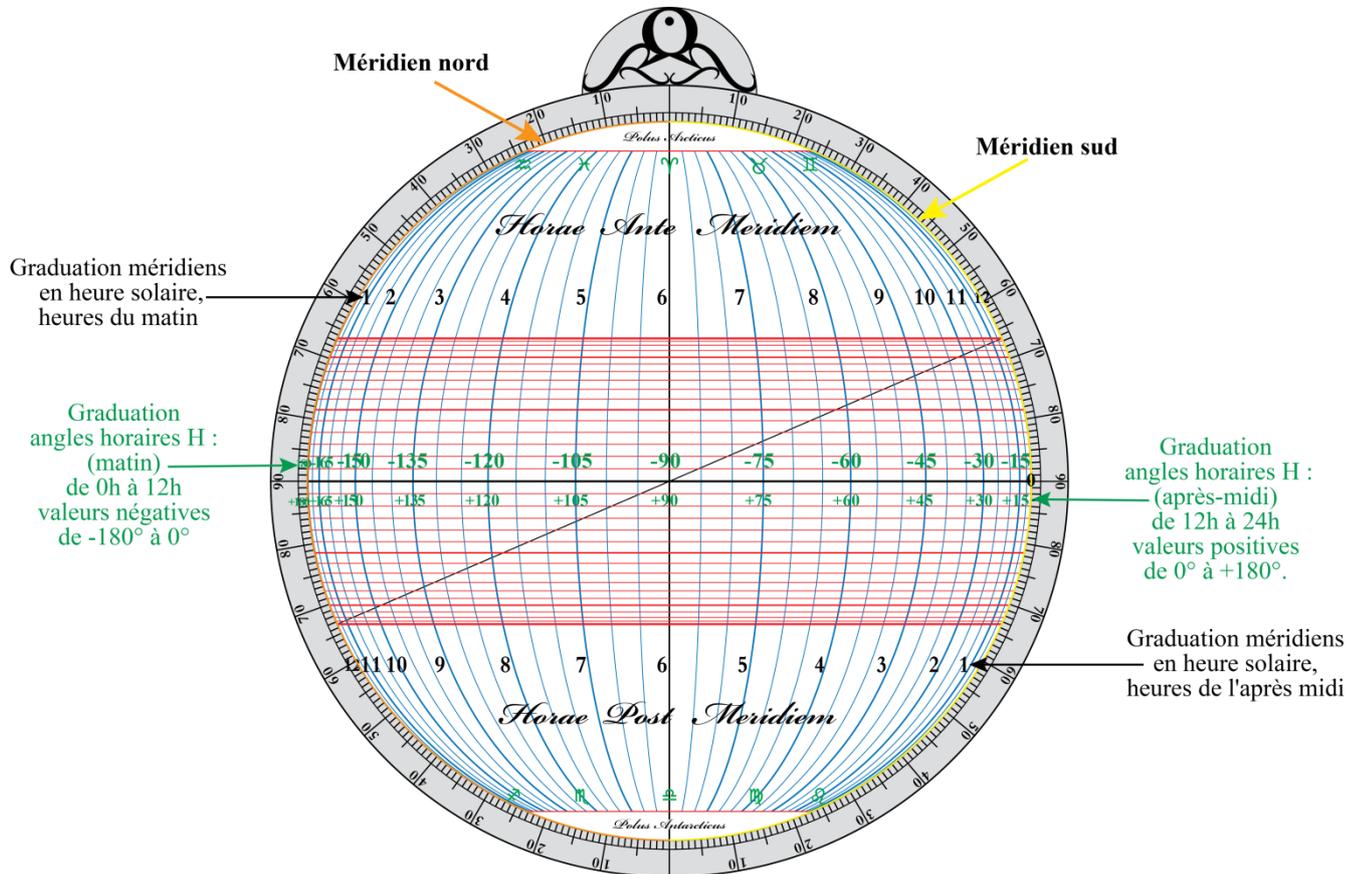


Fig. 3.1

Une heure solaire = 15° angle horaire H

Les méridiens représentant les angles horaires H ont une valeur négative de minuit à midi et positive de midi à minuit.

À chaque angle horaire H est associée une heure solaire.

Les heures solaires du matin (de 0h à 12h) ont pour angle horaire H les valeurs de -180° à 0° , et les heures solaires à partir de midi les valeurs de 0° à $+180^\circ$.

Lecture des coordonnées écliptiques

Le plan de projection est le plan du colure des solstices, l'axe horizontal EcEc' (Fig.1b) représente l'écliptique, et l'axe vertical BB' l'axe des pôles de l'écliptique.

les méridiens tracés tous les 5° correspondent à la longitude écliptique λ_{ε}
 les parallèles correspondent aux cercles de latitude écliptique β

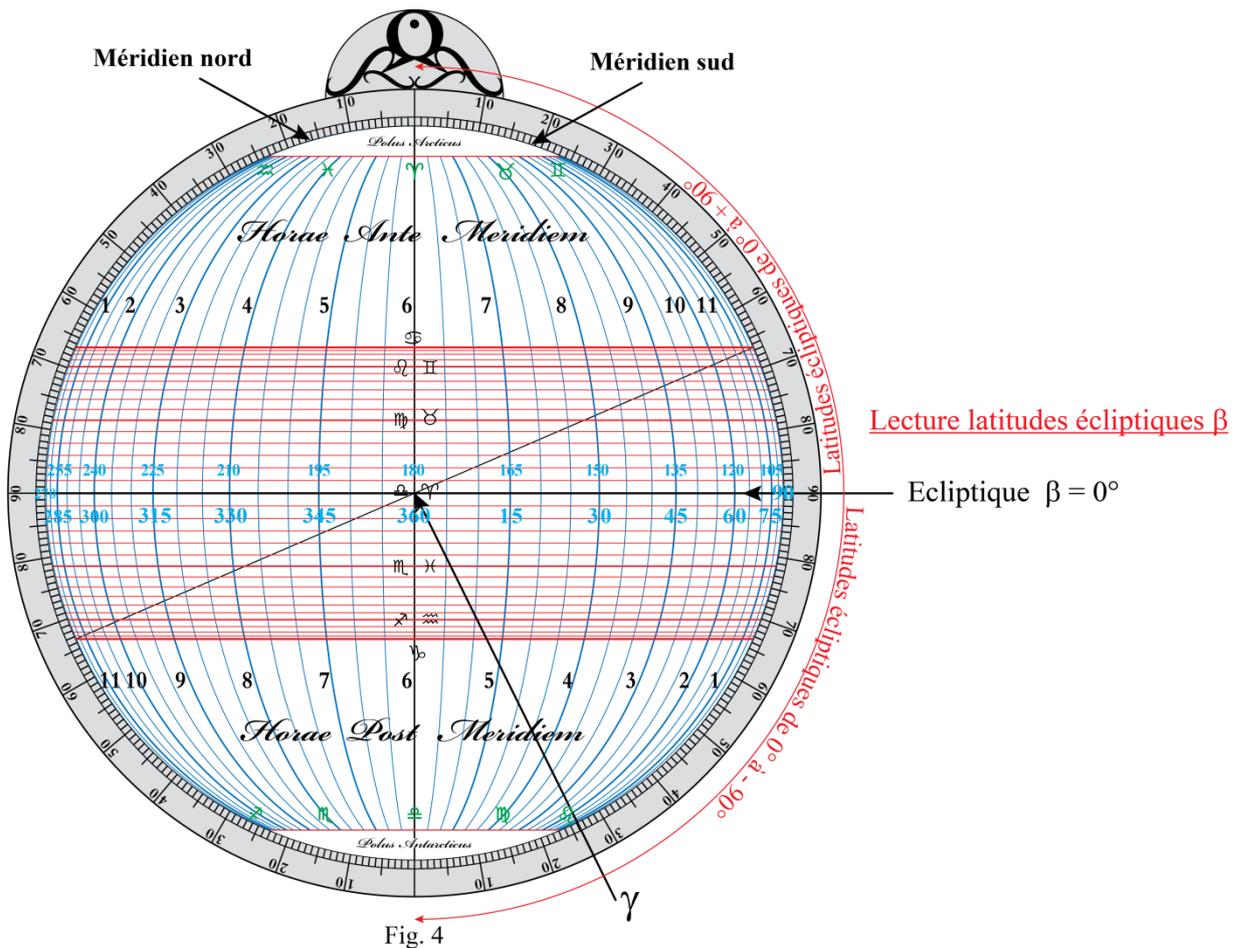


Fig. 4

Le point 0 (360) des **longitudes écliptiques** λ_{ε} correspond au point vernal γ situé en avant plan de la figure, correspondant à l'est.

La lecture se fait dans le sens direct, la longitude 90° correspond au méridien sud, 180° point anti vernal (ouest), 270° au méridien nord.

Nb : **Les signes zodiacaux** sont positionnés sur les méridiens correspondant à la longitude écliptique du début de chaque signe.
 ex : λ_{ε} du Taureau Υ 30°, λ_{ε} du Scorpion \mathfrak{M} 210°.

Les latitudes écliptiques β sont positives au dessus de l'Écliptique et négatives en dessous.

Le limbe étant gradué en colatitude $\bar{\beta}$ pour lire la latitude β il suffit de soustraire la valeur de $\bar{\beta}$ à 90°.

Relations entre signes zodiacaux, parallèles et méridiens

Les symboles zodiacaux sont placés sur les méridiens correspondant à la longitude écliptique λ_E du début de chaque signe, soit tous les 30°

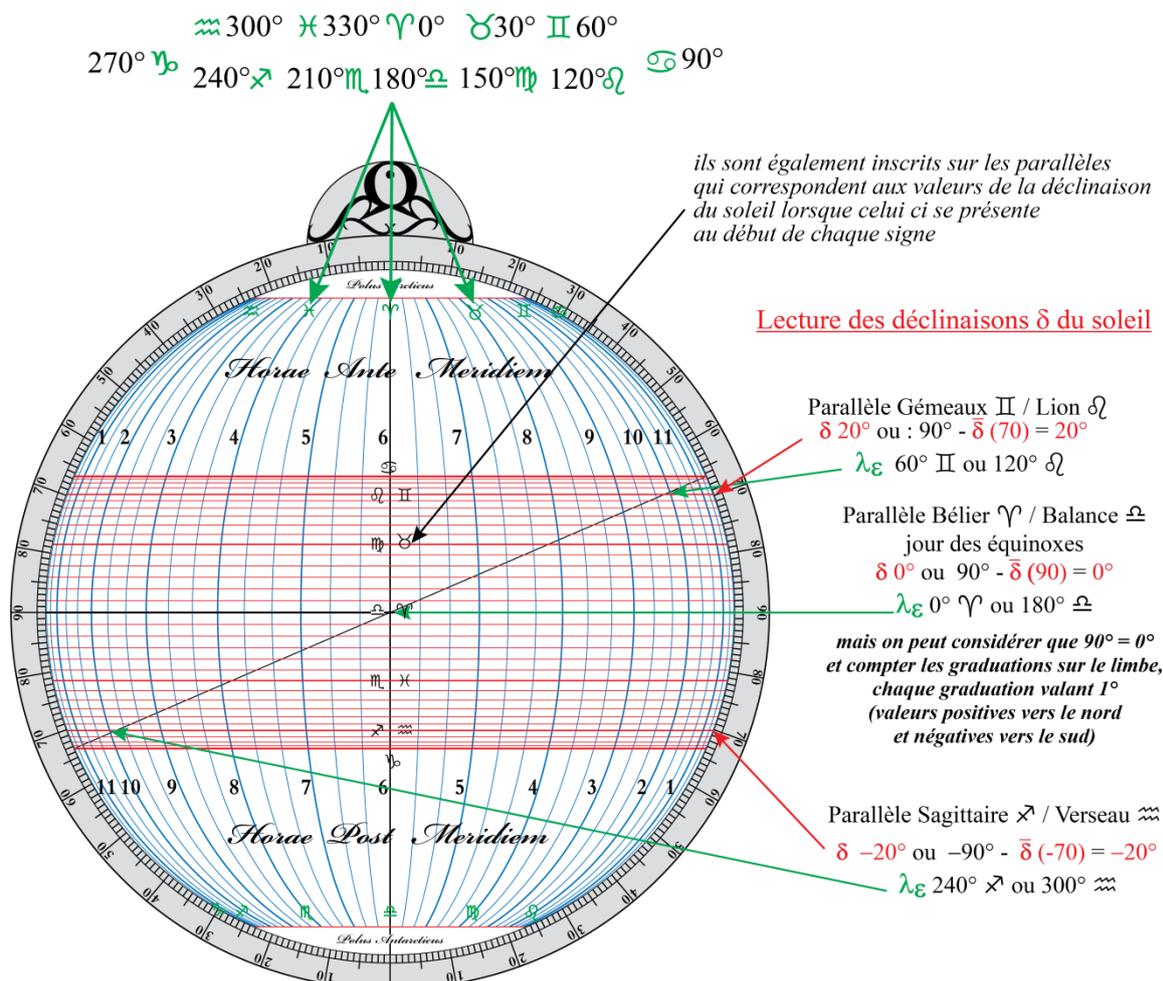


Fig. 5

Calcul de la déclinaison δ en fonction de λ_E :

$$\sin(\delta) = \sin(\varepsilon) \times \sin(\lambda_E)$$

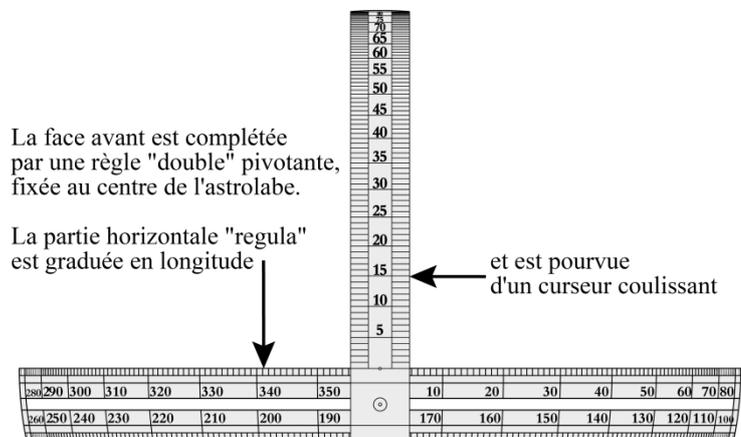
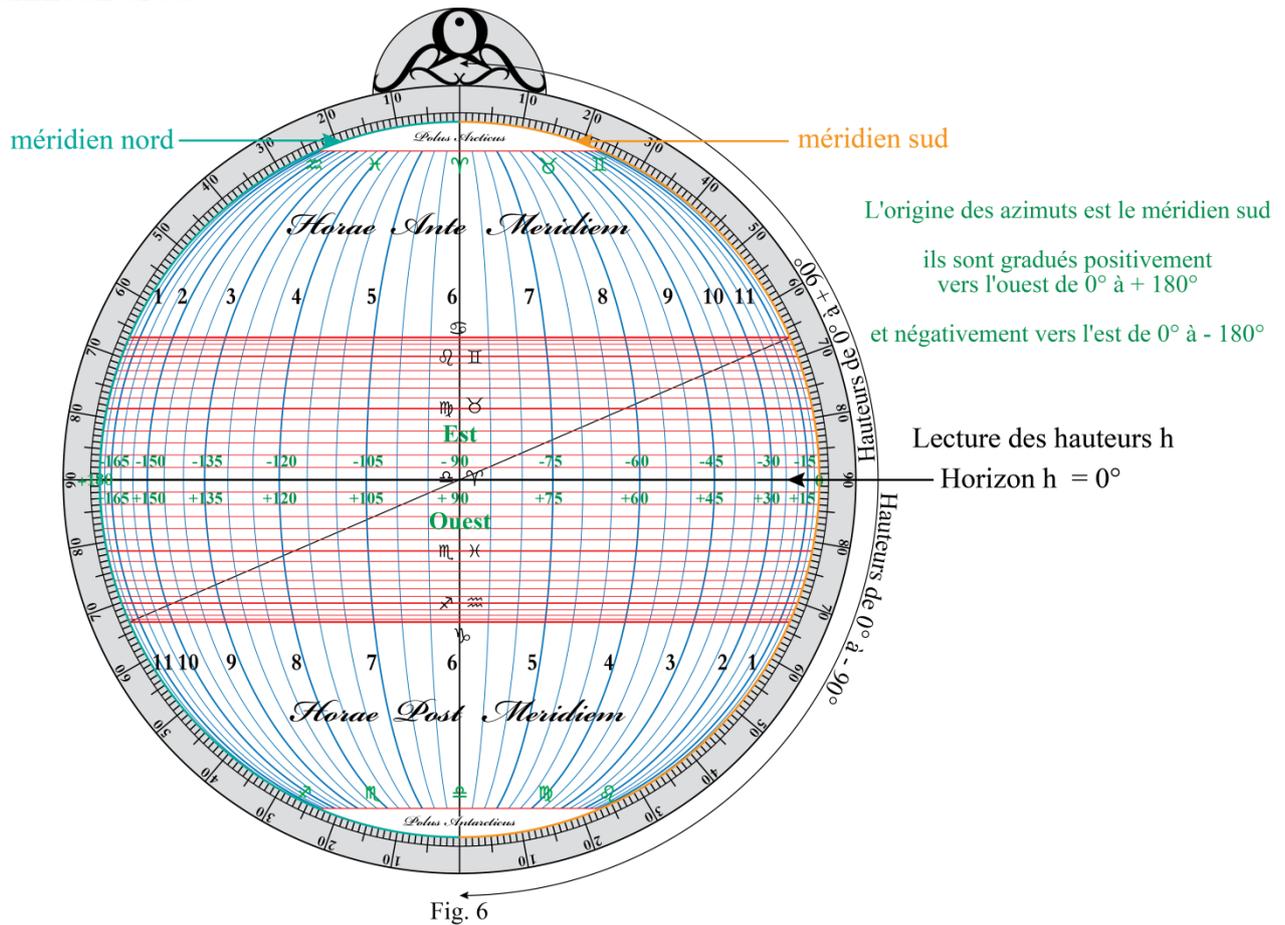
avec $\varepsilon = 23^\circ 30'$ (valeur utilisée au XVI^e s.)

λ_E	δ
0	0°
30	$11^\circ 30'$
60	$20^\circ 12'$
90	$23^\circ 30'$
120	$20^\circ 12'$
150	$11^\circ 30'$
180	0°
210	$-11^\circ 30'$
240	$-20^\circ 12'$
270	$-23^\circ 30'$
300	$-20^\circ 12'$
330	$-11^\circ 30'$
360	0°

Lecture des coordonnées horizontales, hauteurs h , et azimuts A

Le plan de projection est le plan du méridien du lieu, l'axe horizontal H_zH_z' (Fig.1c) représente l'horizon, et l'axe vertical (BB' Fig.1c) l'axe zénith, nadir.

Dans cette configuration, les méridiens tracés tous les 5° correspondent aux azimuts A , et les parallèles correspondent aux cercles de hauteur h encore appelés almicanarats.



Face avant complète de l'instrument

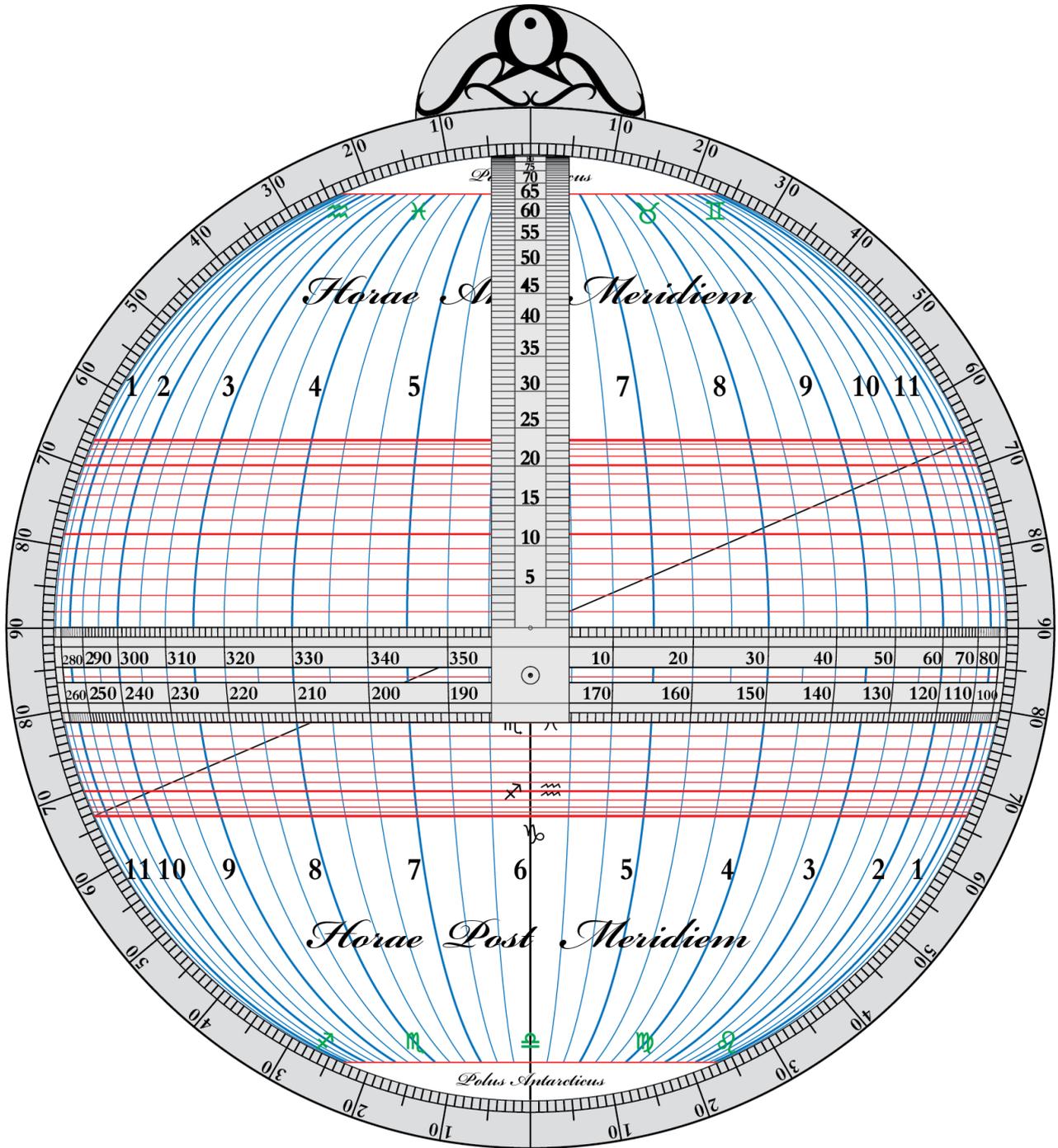


Fig. 7

Face arrière de l'astrolabe

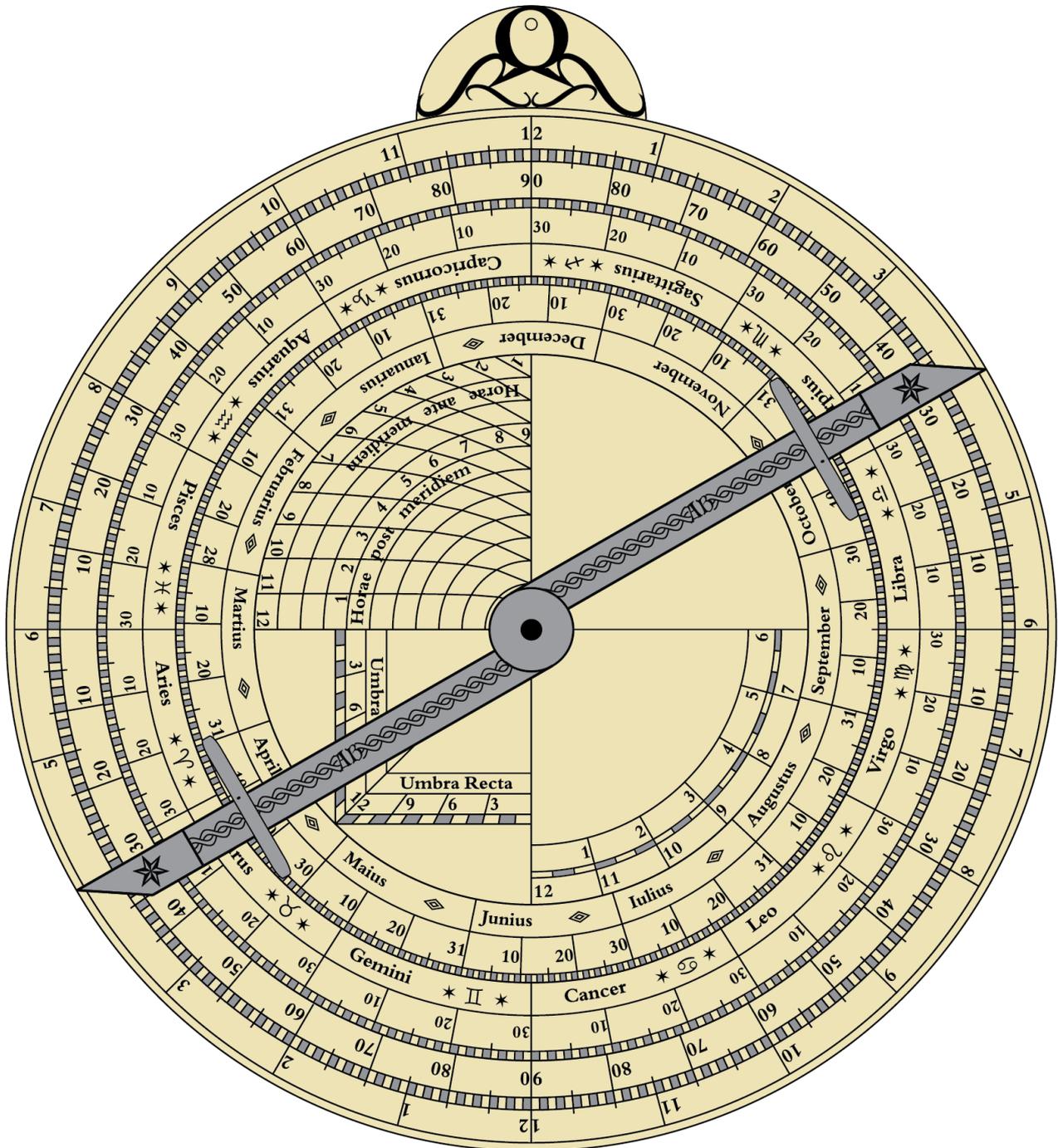


Fig. 8

Le dos de l'astrolabe est pourvu d'une alidade, permettant les mesures d'angles et la lecture des données figurant dans les différentes couronnes.

Détails de la face arrière

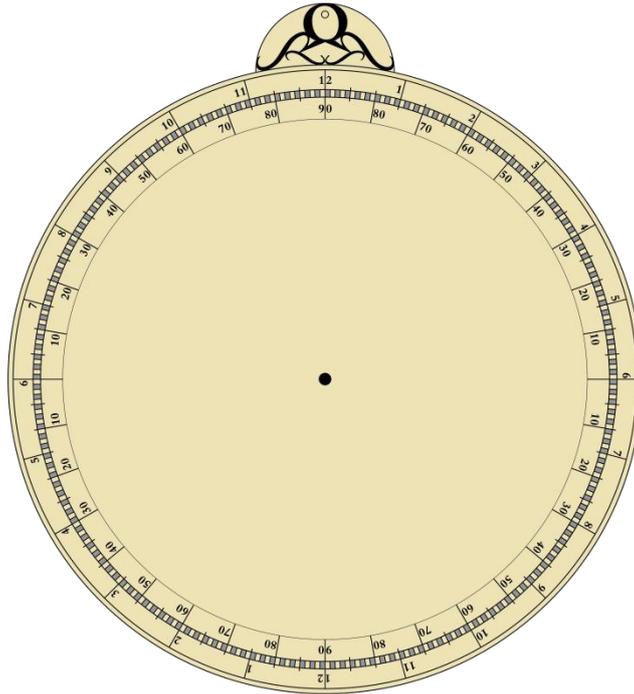


Fig. 8a

La première couronne est le limbe gradué en degrés, et en 2 fois 12 heures.
(1h = 15° ; 1° = 4 minutes)
elle permet également de lire les ascensions droites α

L'ascension droite se lit dans le sens direct, considérant que 0h correspond au point vernal.

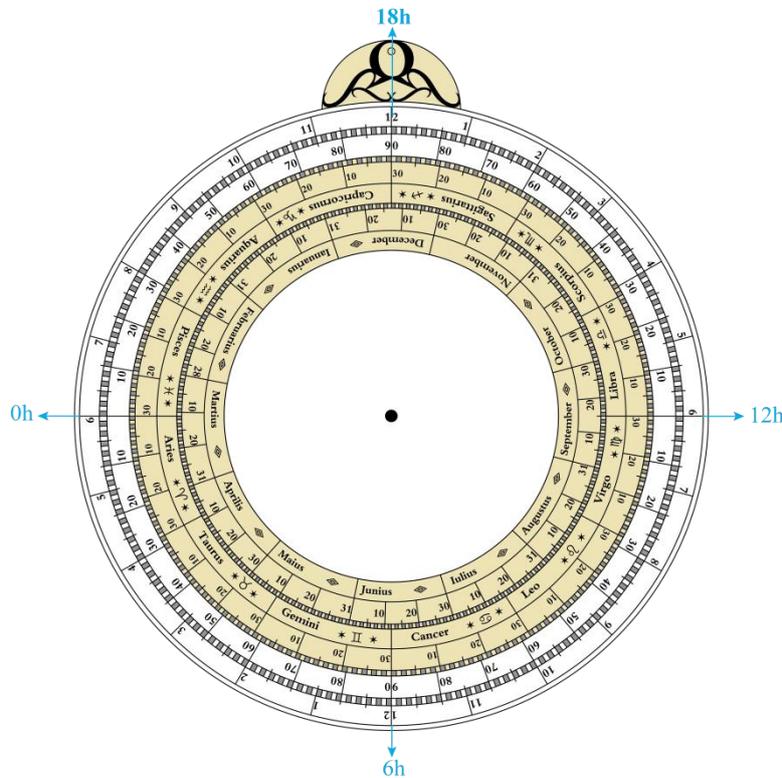


Fig. 8b

La couronne suivante est le calendrier zodiacal centré, constitué du calendrier civil en mois et jours, et de l'écliptique, gradué en longitude écliptique λ (12 fois 30°), le point vernal 0h correspond au 11 mars (calendrier julien) et chaque jour de l'année correspond à la position du soleil sur l'écliptique.

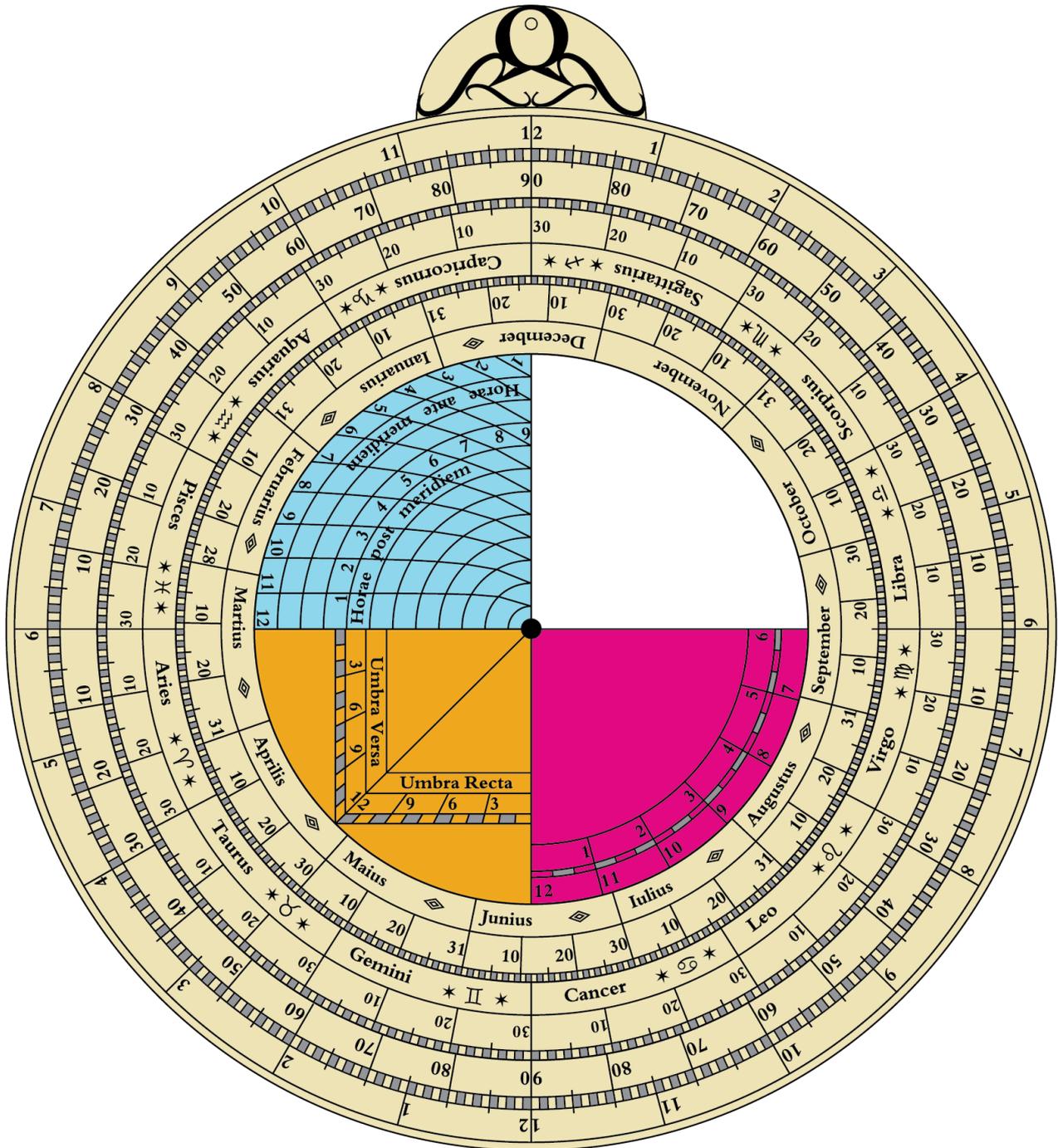


Fig. 8c

La partie centrale est divisée en 4 :

- quart supérieur gauche : abaque de transformation des heures égales en heures inégales
- quart inférieur gauche : carré des ombres
- quart inférieur droit : échelle horaire double (1h à 6h et 7h à 12h) permettant la lecture des heures en degrés sur le limbe
- quart supérieur droit : vide

II Version XXI^e s.

FACE AVANT

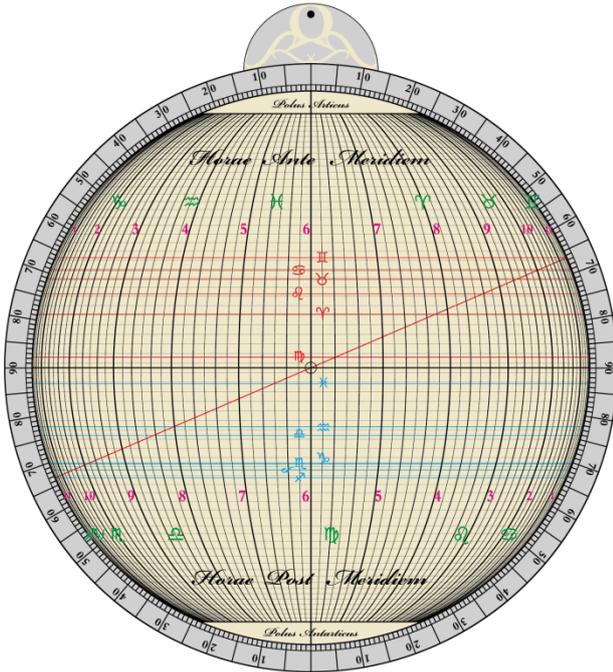


Fig. 9

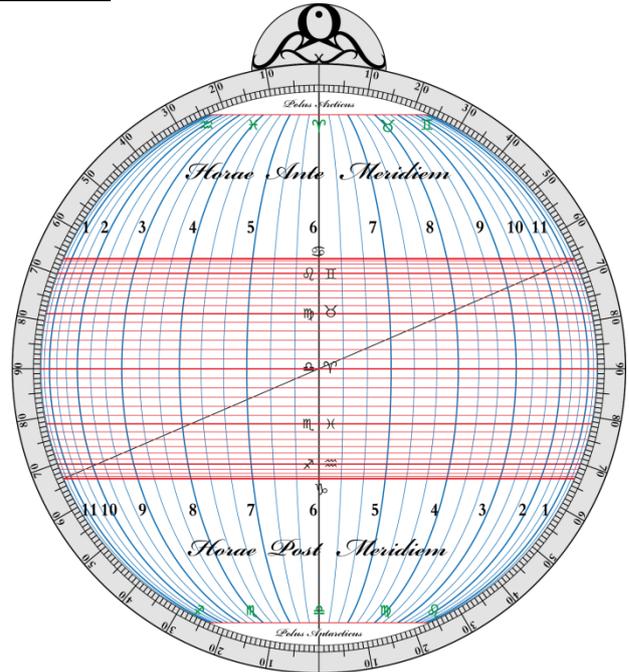


Fig. 2

Dans la version du XXI^e s. Fig.9, les principes de tracés restent les mêmes que dans celle du XVI^e s. Fig.2, et l'utilisation de l'instrument dans les 3 plans, équatorial, éclipstique, horizontal est analogue.

La différence réside dans le fait que l'écliptique est représenté pour le parcours "vrai" du soleil par rapport aux étoiles, cf. tableau ci-dessous.

Il n'est plus question ici du zodiaque, cercle éclipstique divisé en 12 secteurs de 30°, mais d'une division en 13 secteurs de valeurs inégales.

(données moyennées sur 4 ans)

CALENDRIER ASTRONOMIQUE						
CONSTELLATION	DÉBUT	L.E	Déclinaison	FIN	L.E	TOTAL JOURS
CAPRICORNE	20/01	300,15	- 20° 07'	15/02	326,53	27
VERSEAU	16/02	327,53	- 12° 20'	11/03	350,65	24
POISSONS	12/03	351,65	- 03° 19'	18/04	28,17	38
BELIER	19/04	29,13	+ 11° 09'	13/05	52,45	25
TAUREAU	14/05	53,42	+ 18° 37'	20/06	88,88	38
GEMEAUX	21/06	90,00	+ 23° 26'	19/07	116,75	29
CANCER	20/07	117,70	+ 20° 39'	09/08	136,90	21
LION	10/08	137,87	+ 15° 34'	16/09	173,53	38
VIERGE	17/09	174,52	+ 02° 16'	30/10	216,93	44
BALANCE	31/10	217,93	- 14° 06'	22/11	240,03	23
SCORPION	23/11	241,05	- 20° 19'	29/11	247,13	7
OPHIUCHUS	30/11	248,13	- 21° 38'	17/12	265,40	18
SAGITTAIRE	18/12	266,42	- 23° 23'	19/01	299,27	33
						365

On remarque que ce parcours passe par 13 constellations, la 13^e étant Ophiuchus, symbolisée par : .

Il en découle que les parallèles représentant la déclinaison δ du soleil (dont les valeurs au XXI^e s. sont comprises entre $+23^{\circ}26'$ (solstice d'été) et $-23^{\circ}26'$ (solstice d'hiver)) ne sont plus tracés selon la règle définie Fig.2 - p.10.

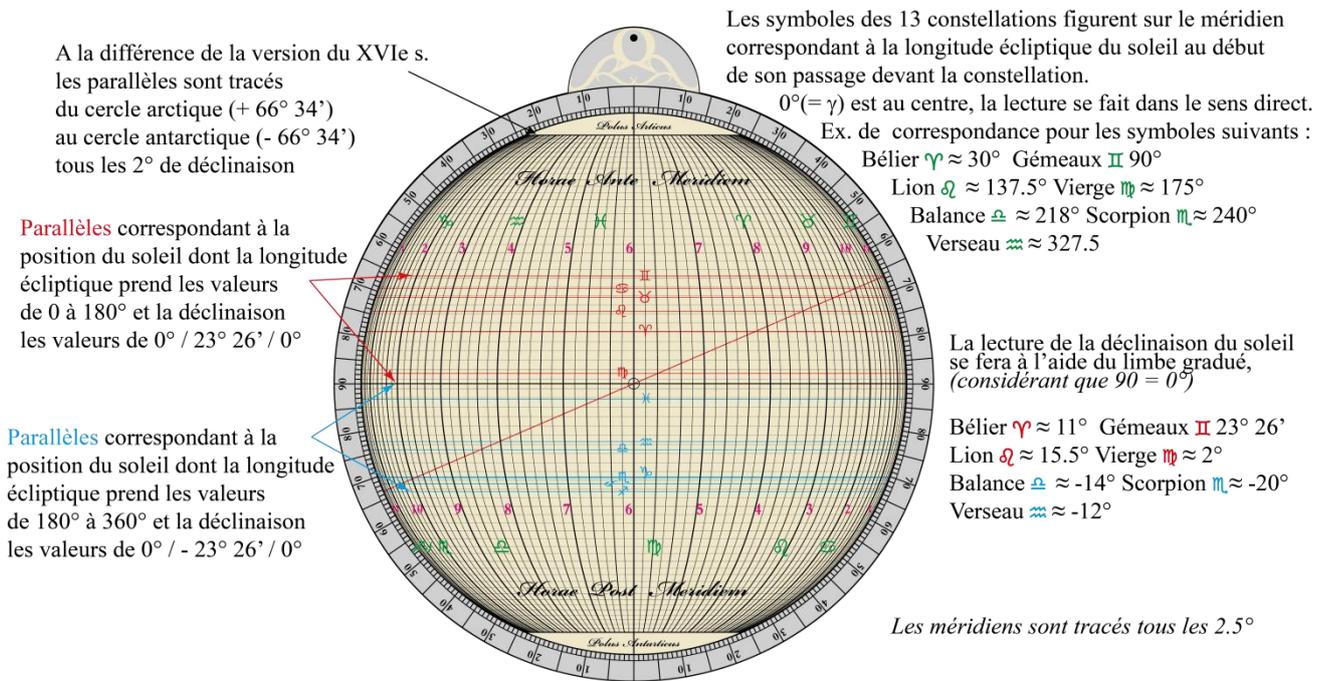


Fig. 9a

La face avant est dotée de la même règle double, pivotante, que l'instrument p.16.

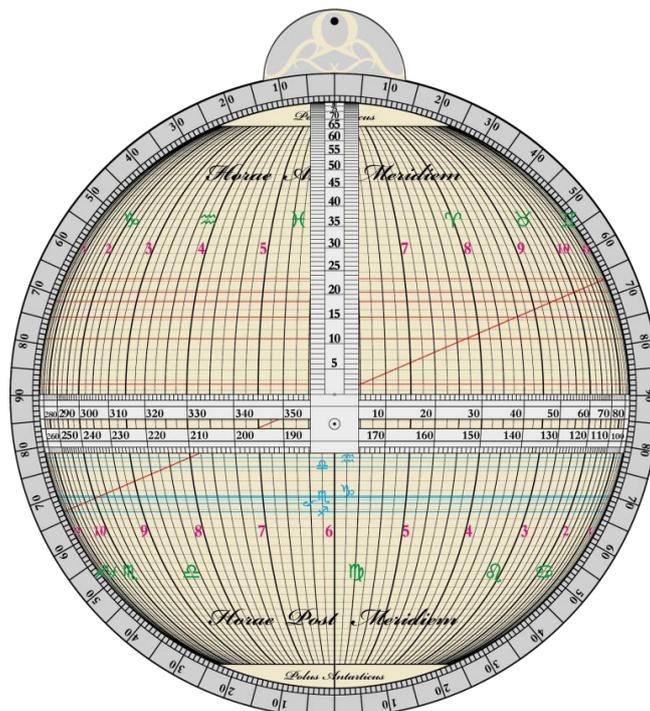


Fig. 9b

FACE ARRIÈRE

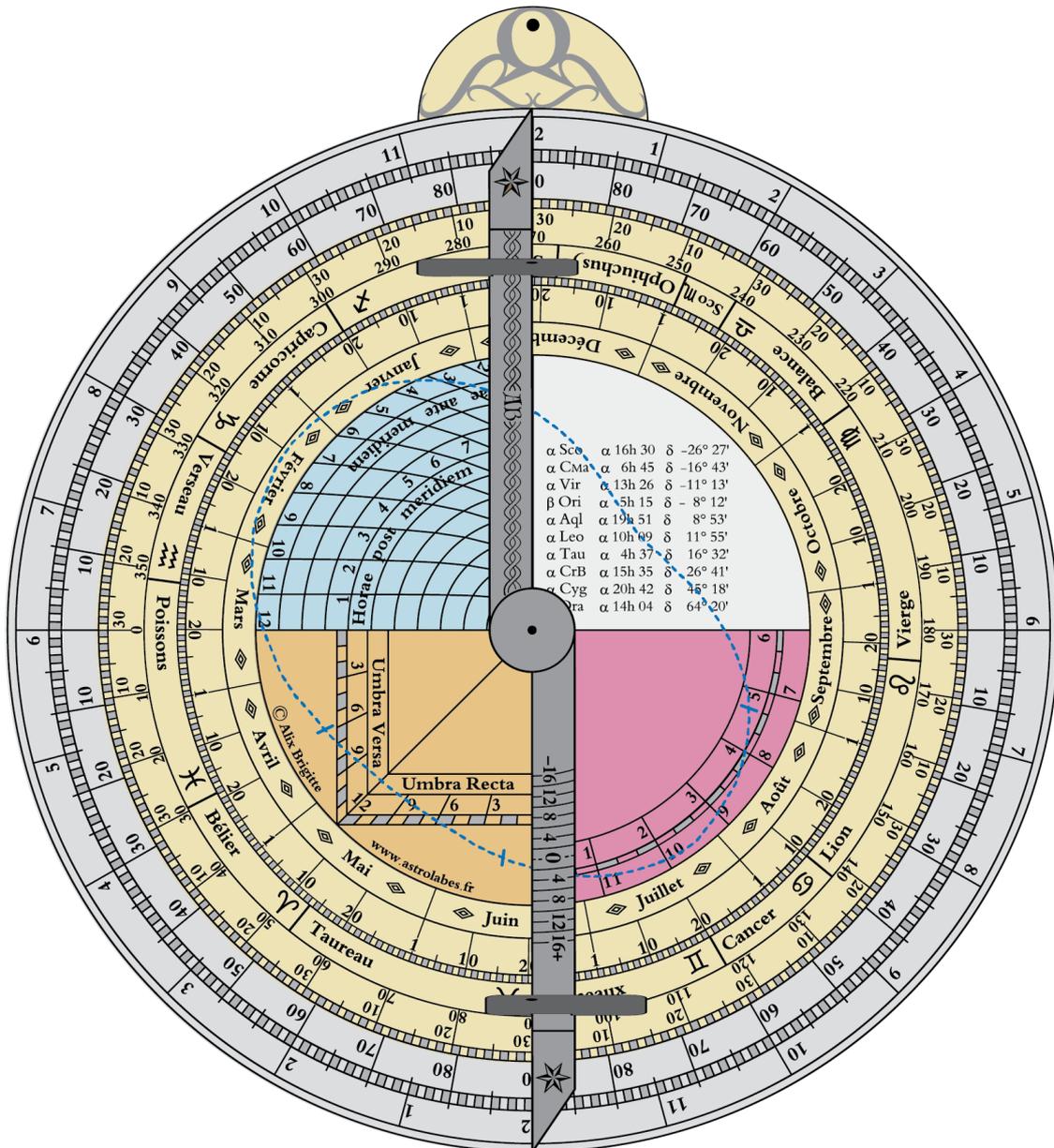


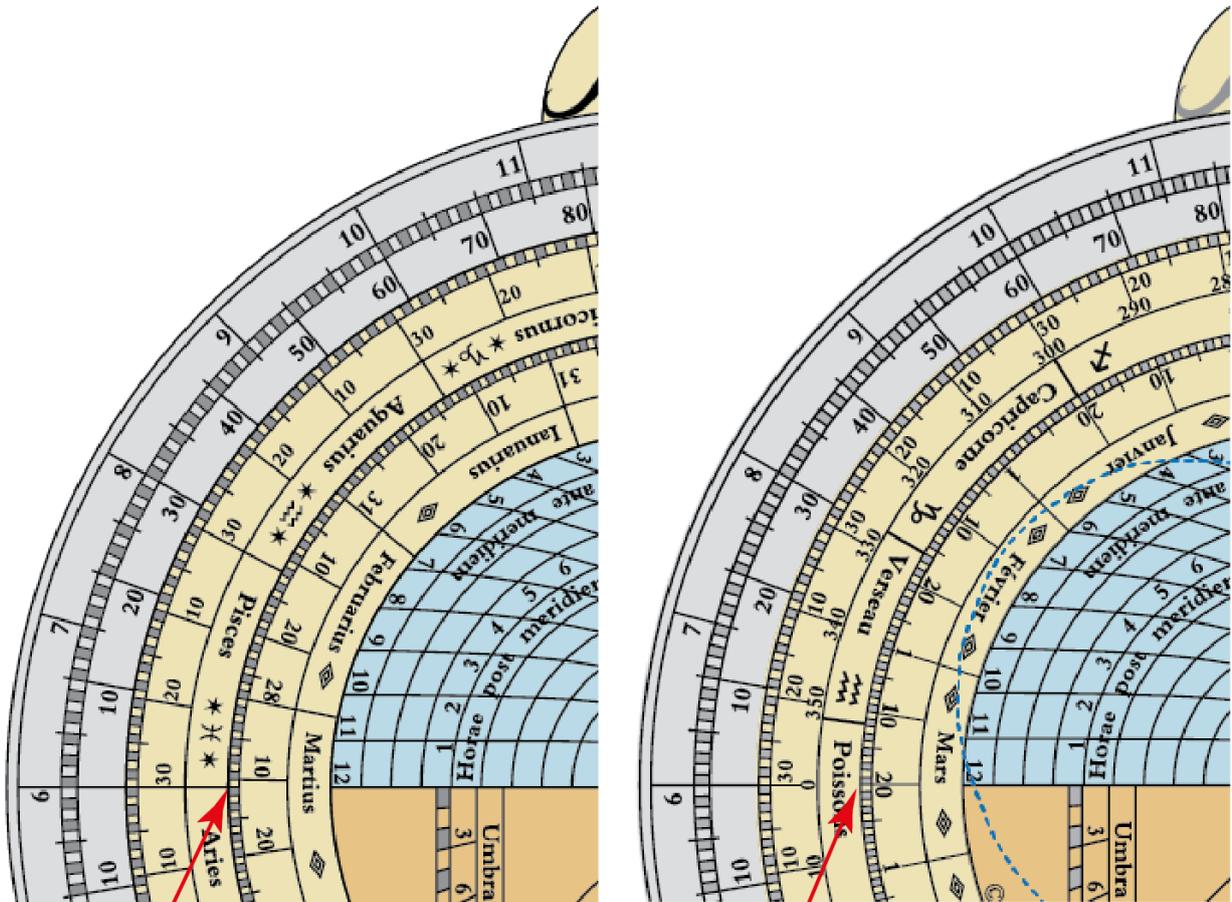
Fig. 10

Au dos de l'instrument, on retrouve la même disposition pour les différentes couronnes, mais pour certaines le contenu sera différent **.

La première couronne est le limbe gradué en degrés et heures.

** La 2^{ème} et 3^{ème} couronne correspondent à l'écliptique et au calendrier civil (grégorien) et représentent le parcours vrai du soleil, conformément aux tracés de la face avant.

Comparaison des dates d'équinoxe de printemps :



calendrier julien équinoxe de printemps le 11 mars calendrier grégorien équinoxe de printemps le 20 mars

Fig. 11

La partie centrale est toujours divisée en 4 :

- quarts supérieur et inférieur gauche, quart inférieur droit, identiques à la fig.8c p19
- quart supérieur droit : coordonnées équatoriales des étoiles les plus brillantes habituellement représentées sur un astrolabe planisphérique.

Désignation Bayer	Constellation	Nom étoile	α Asc. droite	δ Déclinaison	Magnitude
α Sco	Scorpion	Antares	16:29:48	- 26° 26' 45"	+ 1,09
α CMa	Grand Chien	Sirius	06:45:26	- 16° 43' 31"	- 1,47
α Vir	Vierge	Spica	13:25:44	- 11° 12' 57"	+ 1,04
β Ori	Orion	Rigel	05:14:51	- 8° 11' 40"	+ 0,12
α Aql	Aigle	Altaïr	19:51:06	8° 53' 9"	+ 0,77
α Leo	Lion	Regulus	10:08:56	11° 54' 55"	+ 1,35
α Tau	Taureau	Aldebaran	04:36:31	16° 31' 48"	+ 0,85
α CrB	Couronne Boréale	La Perle	15:35:07	26° 40' 38"	+ 2,24
α Cyg	Cygne	Deneb	20:41:39	45° 18' 14"	+ 1,25
α Dra	Dragon	Thuban	14:04:23	64° 19' 32"	+ 3,67

La courbe fermée, en tirets bleu, correspond à l'équation du temps.

La lecture de l'heure avec un astrolabe, est l'heure solaire, correspondant à un angle horaire du soleil en un lieu considéré.

On peut à partir de l'heure solaire, calculer l'heure légale, ce qui consiste à appliquer la formule suivante :

$$H_{Légale} = H_{Solaire} + \text{Equation du Temps}^{(1)} + \text{Longitude géographique}^{(2)} \lambda + \text{heure hiver (+1h) ou été (+2h)}$$

(1) L'équation du temps peut avoir une valeur positive ou négative.

(2) La longitude λ a une valeur négative à l'est du méridien de Greenwich et positive à l'ouest, à raison de 4 minutes de temps par degré de longitude λ .

Principe de lecture de la valeur de l'équation du temps :

- l'alidade, graduée en minutes de temps est amenée sur la date pour laquelle on veut connaître la valeur de l'équation du temps, ex. 24 janvier
- l'intersection de l'alidade avec la courbe permet la lecture de la valeur de l'équation du temps ==> + 12 minutes

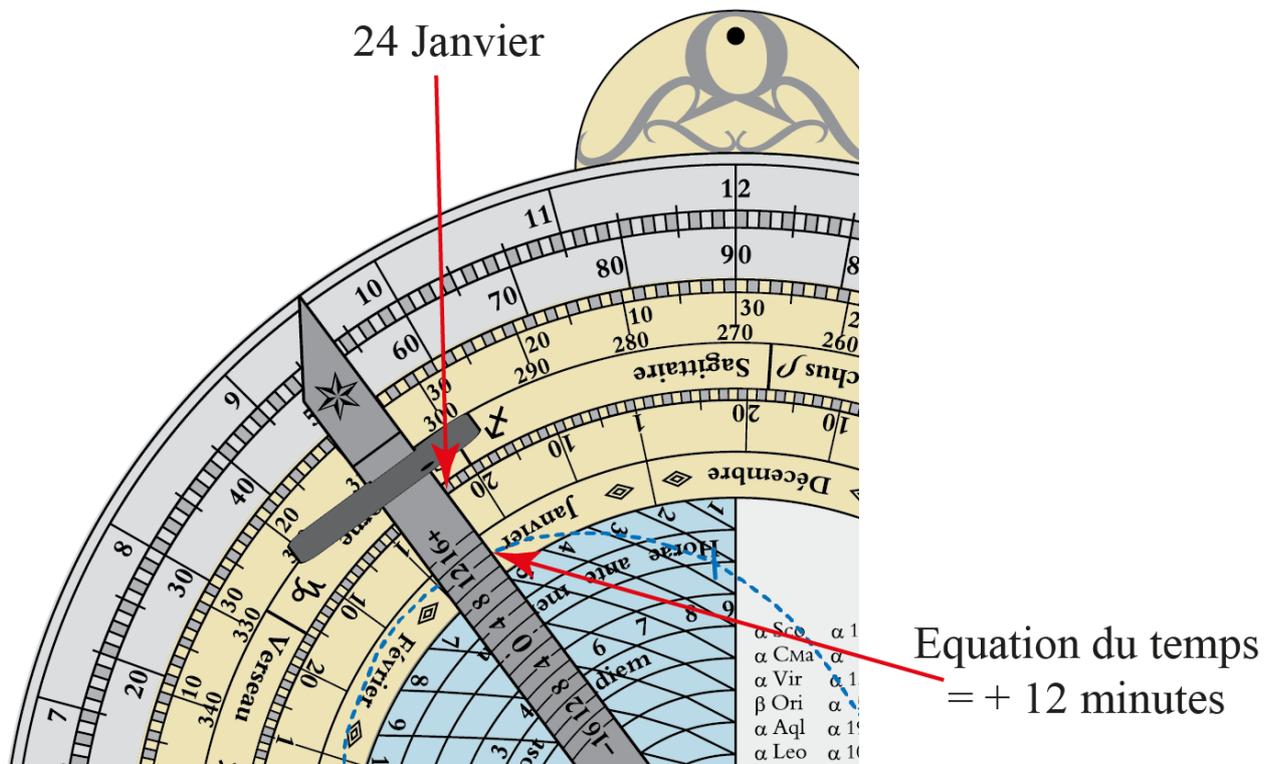


Fig. 12

III Usages avec le soleil

- 1) Connaissant la date, trouver la longitude éclipse λ_{ϵ} ,
l'ascension droite α_s , la déclinaison δ du soleil, et le parallèle qu'il décrit.

pour la lecture de λ_{ϵ} , utilisation du dos de l'astrolabe :
faire passer l'alidade sur la date, exemple **31/05**

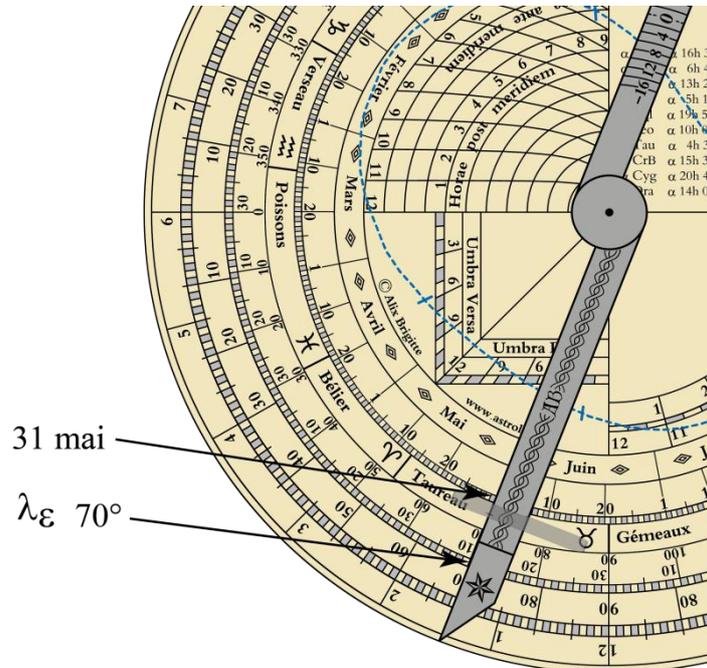


Fig. 13

lecture de la déclinaison δ , utilisation de la face avant :

- a) repérer l'intersection du méridien correspondant à $\lambda_{\epsilon} 70^{\circ}$
avec la diagonale représentant l'écliptique.

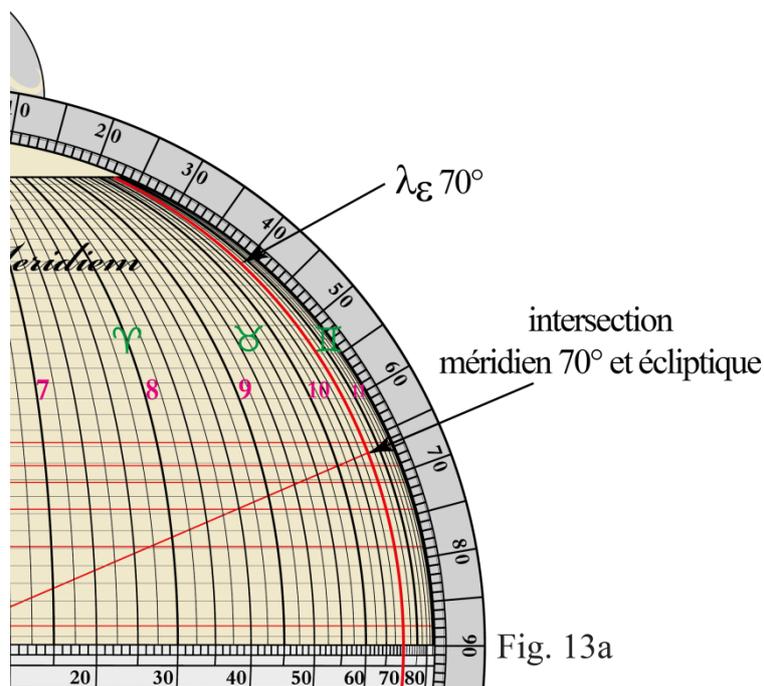
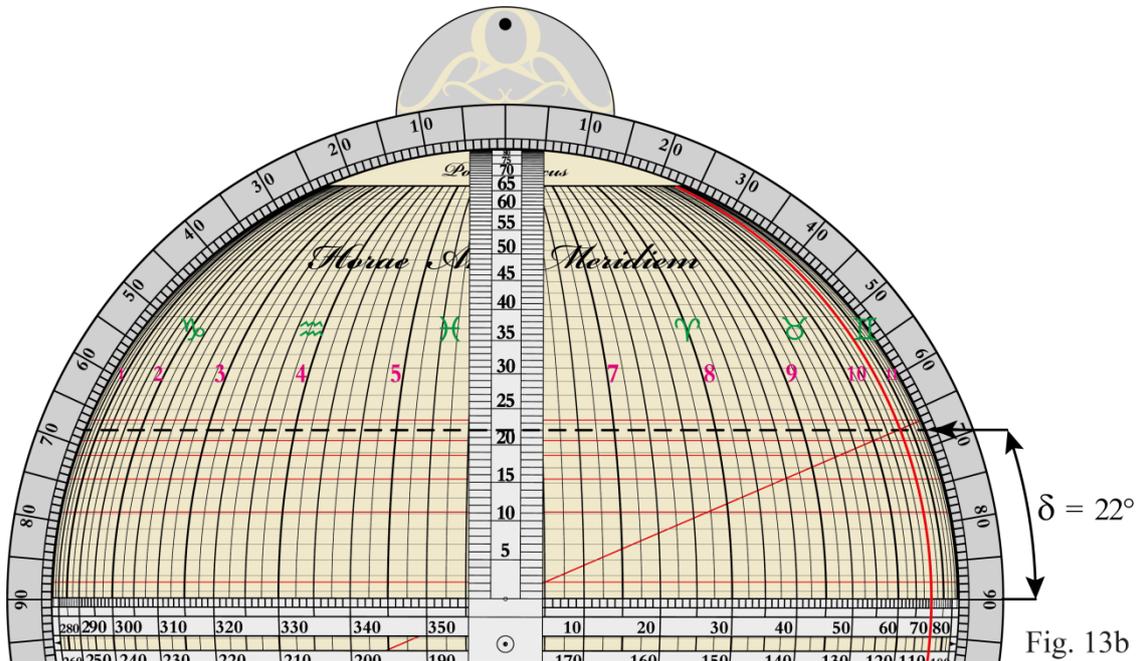


Fig. 13a

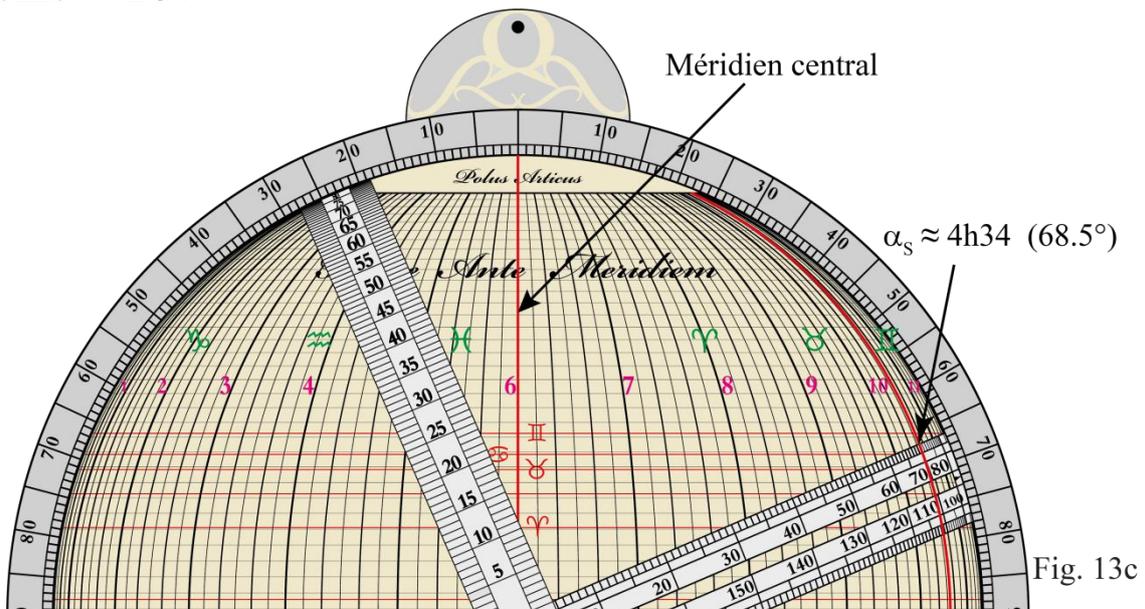
b) lire sur le limbe la graduation correspondant à la déclinaison δ du soleil (prolongement du point d'intersection méridien/écliptique) $\implies \approx 22^\circ$

la ligne en tirets représente le parallèle du soleil pour le jour considéré



Lecture de l'ascension droite du soleil α_s :

pivoter la règle dans le sens antihoraire d'un angle de $23^\circ 26'$, de façon à amener le bord supérieur de celle ci sur la diagonale représentant l'écliptique, repérer sur le tympan le **méridien** passant par la graduation 70° de la règle, la lecture de l'ascension droite α (en heures), se fait **depuis le méridien central** et donne $\approx 4h 34$



le 31 mai coordonnées du soleil : $\lambda_\epsilon = 70^\circ$ $\delta \approx +22^\circ$ $\alpha_s \approx 4h 34$



2) Trouver l'ascension droite α_s de tous les points de l'écliptique.

Utilisation de la règle afin de lire la correspondance entre longitude écliptique λ_ε et ascension droite α_s ,
(passage des coordonnées écliptiques du soleil aux coordonnées équatoriales).

Dans la représentation équatoriale, le diamètre Eq Eq' correspond à l'équateur, les méridiens aux ascensions droites α , gradués en heures, dont l'origine est le méridien central.

La diagonale (rouge) passant par le centre est l'écliptique .

Les méridiens sont tracés tous les 2.5° , correspondant à 10 minutes de temps, ($1^\circ = 4$ minutes).

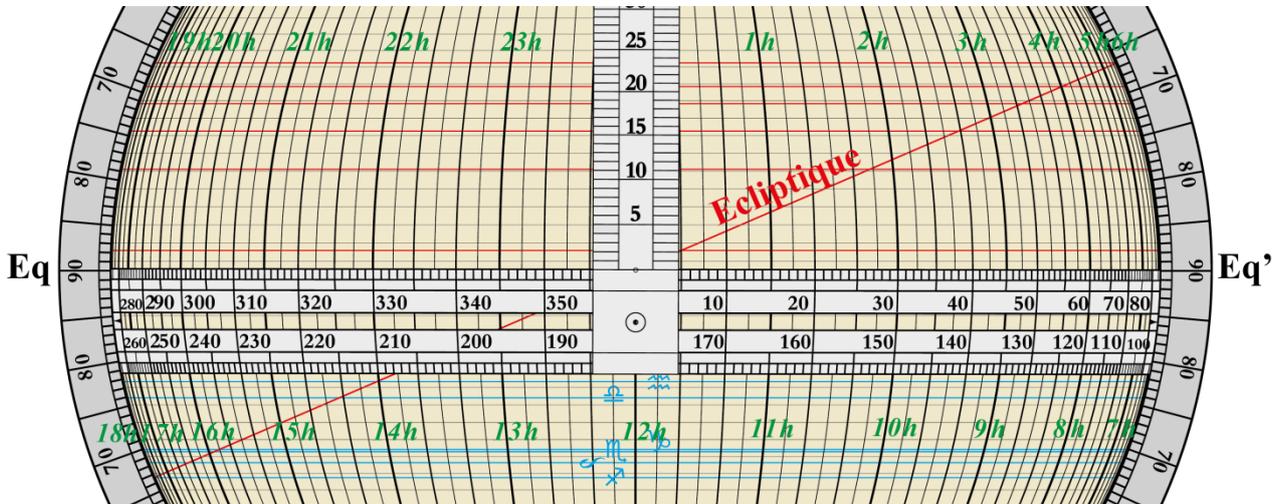


Fig. 14

La règle, doit être positionnée sur l'écliptique (rotation de $23^\circ 26'$ dans le sens direct) et il suffit alors de lire à partir de ses graduations représentant les λ_ε , les correspondances en ascension droite du soleil α_s .

(intersection graduations/méridiens)

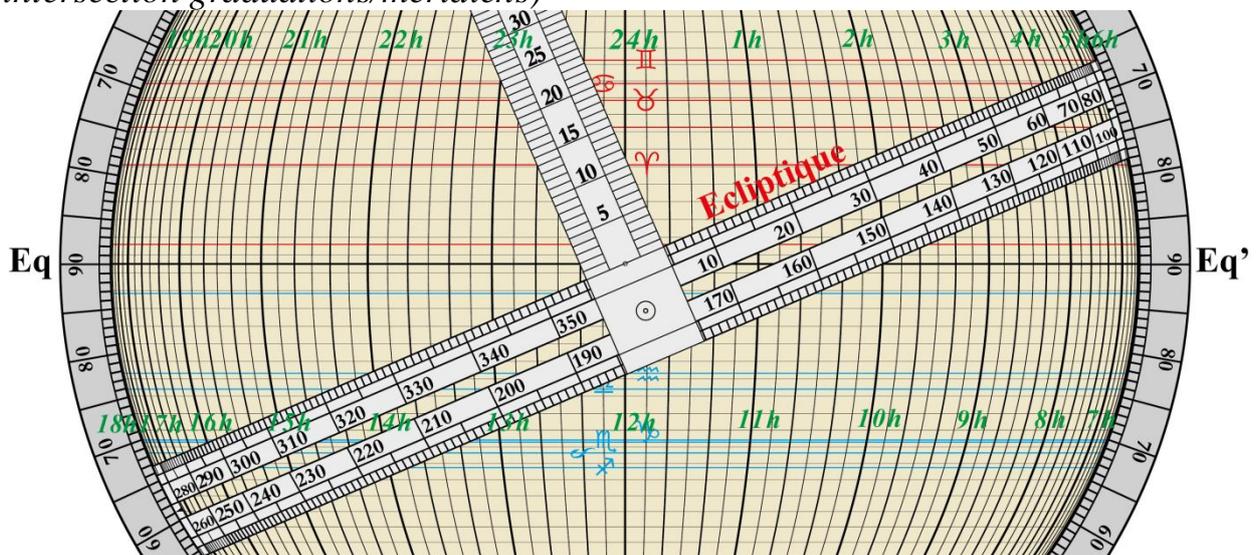


Fig. 14a

Correspondance longitude λ_{ϵ} et ascension droite du soleil α_S :

λ_{ϵ} de 0° à 90° , α_S se lit sur les méridiens, du méridien central (24h) à 6h

λ_{ϵ} de 90° à 180° , α_S se lit sur les méridiens de 6h à 12h

λ_{ϵ} de 180° à 270° , α_S se lit sur les méridiens de 12h à 18h

λ_{ϵ} de 270° à 360° , α_S se lit sur les méridiens de 18h (24h) au méridien central

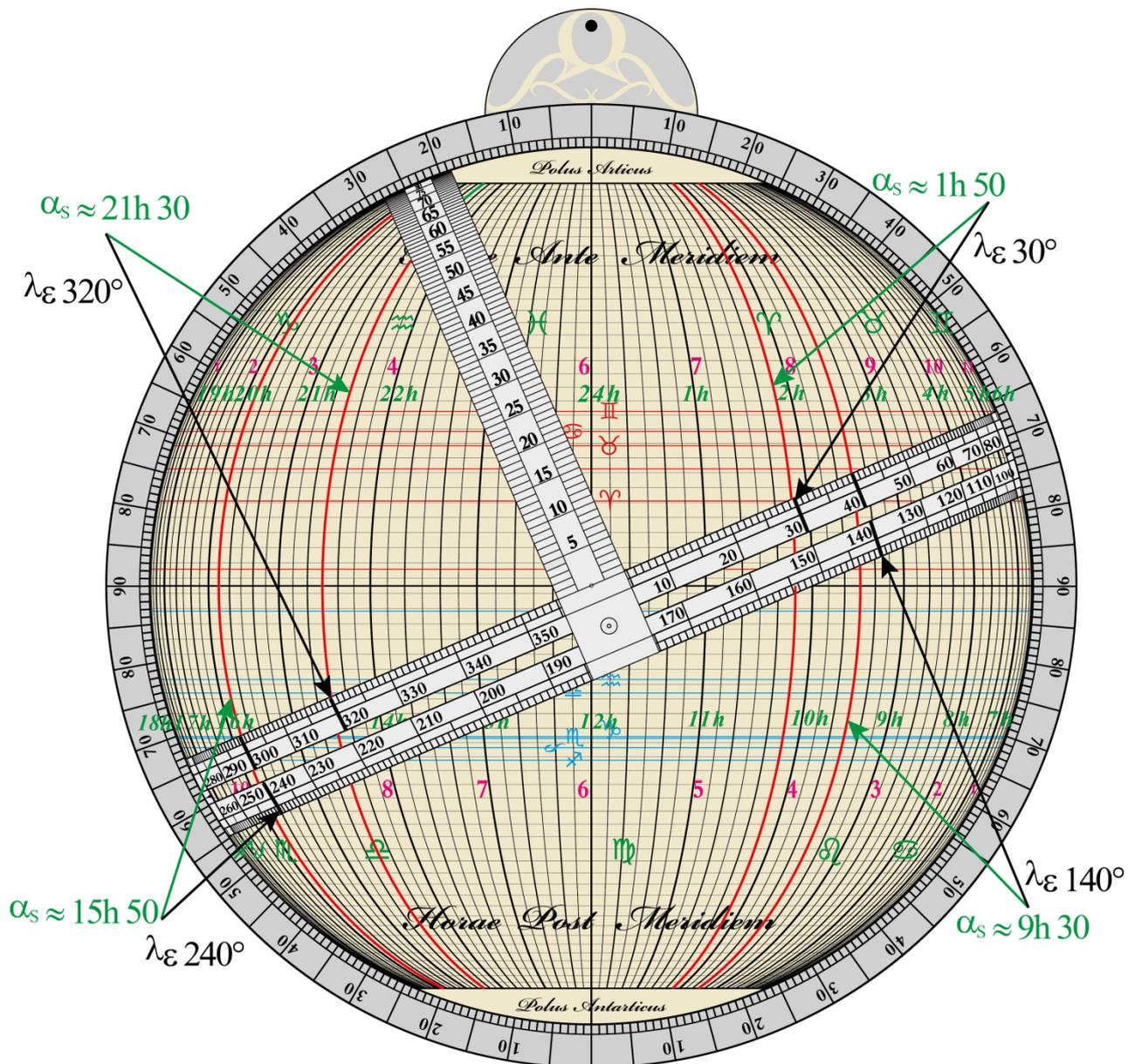


Fig. 14b

remarque : une lecture précise de l'ascension droite α_S sur le tympan n'est pas toujours aisée d'une part du fait de l'interpolation, et d'autre part parce que les arcs d'ascension proches du colure des solstices sont très serrés. Pour remédier à cette difficulté, le dos de l'astrolabe permet pour toute longitude éclipstique λ_ϵ du soleil de lire sans difficultés la correspondance en α_S .

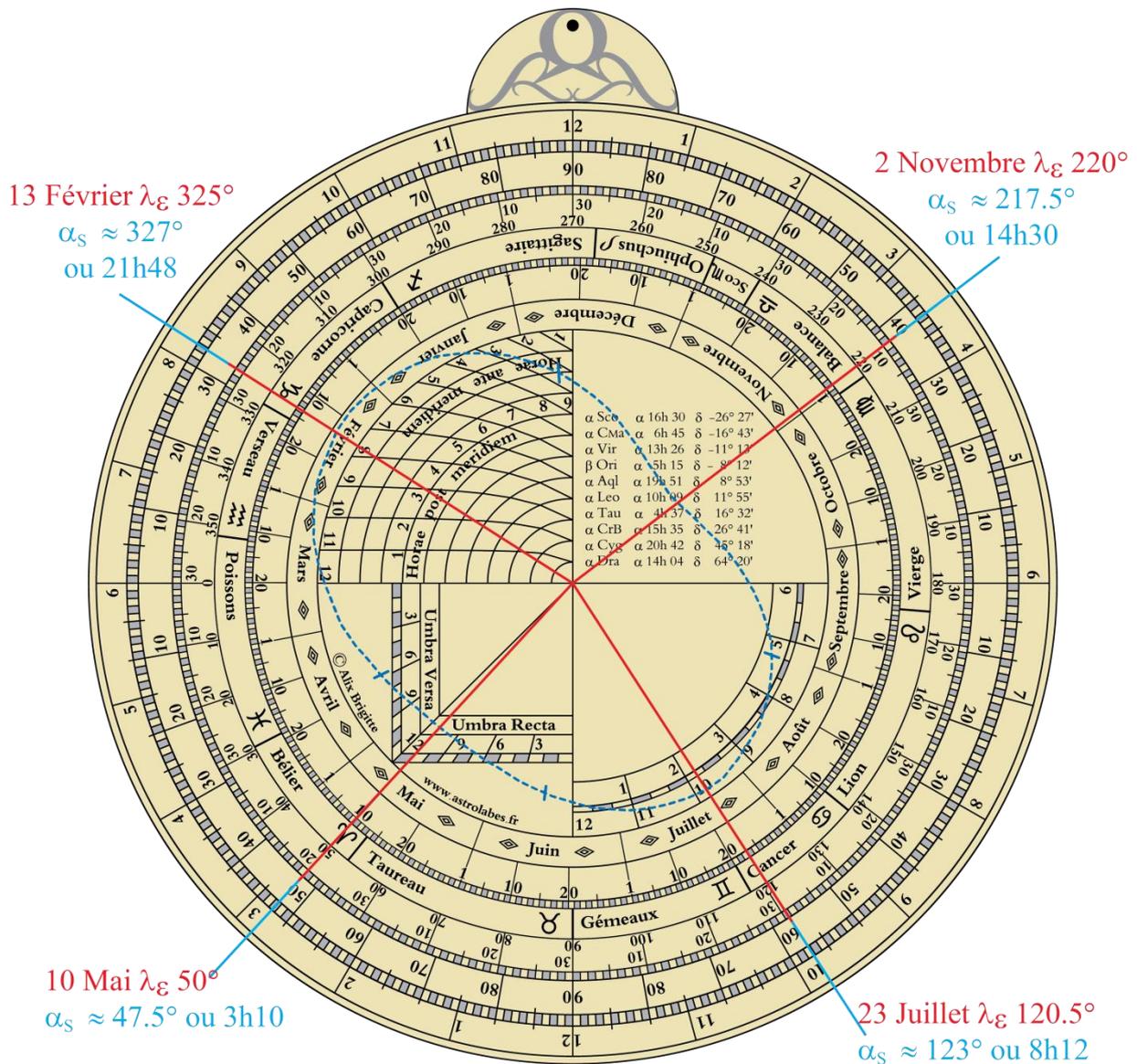


Fig. 15

La première couronne est divisée en heures et en degrés, représentation du plan de l'équateur (voir p18). La seconde couronne, l'écliptique, divisée en 360°, est tracée dans le plan de l'équateur, ce qui signifie qu'à chaque valeur de longitude éclipstique λ_ϵ correspond la valeur en ascension droite α_S . Ayant placé l'alidade sur une date considérée, il suffit de lire dans le prolongement du bord de l'alidade la valeur de λ_ϵ et la valeur de α_S .



3) Connaissant la date, la latitude φ et le parallèle décrit par le soleil, lire les heures de lever et coucher du soleil et calculer la durée du jour.

Ex. 1 : 19 août / φ 38° 30' N

λ_{ϵ} : 146.5° ; α_S : $\approx 149^\circ$ ou $\approx 9h56$ (informations lues au dos de l'astrolabe)

Amener la règle par rotation dans le sens horaire sur la graduation du limbe correspondant à la latitude 38° 30 N (ou encore $90^\circ - 38.5^\circ = 52.5^\circ$).

Le bord supérieur de la règle représente la **ligne d'horizon**.

Repérer le cercle horaire **H1** correspondant à 9h56.

rappel : les cercles horaires sont tracés tous les 2.5° soit 10 minutes de temps

Visualiser sur le tympan le parallèle décrit par le soleil, passant par l'intersection du cercle horaire **H1** 9h56 et de l'écliptique, lecture de $\delta \approx +12^\circ 45'$.

Heures (solaires) lever et coucher du soleil :

le cercle horaire **H2** intercepté par le bord de la règle **C** indique les heures de lever et coucher du soleil : lever 5h 15m / coucher 6h 45m (18h 45m)

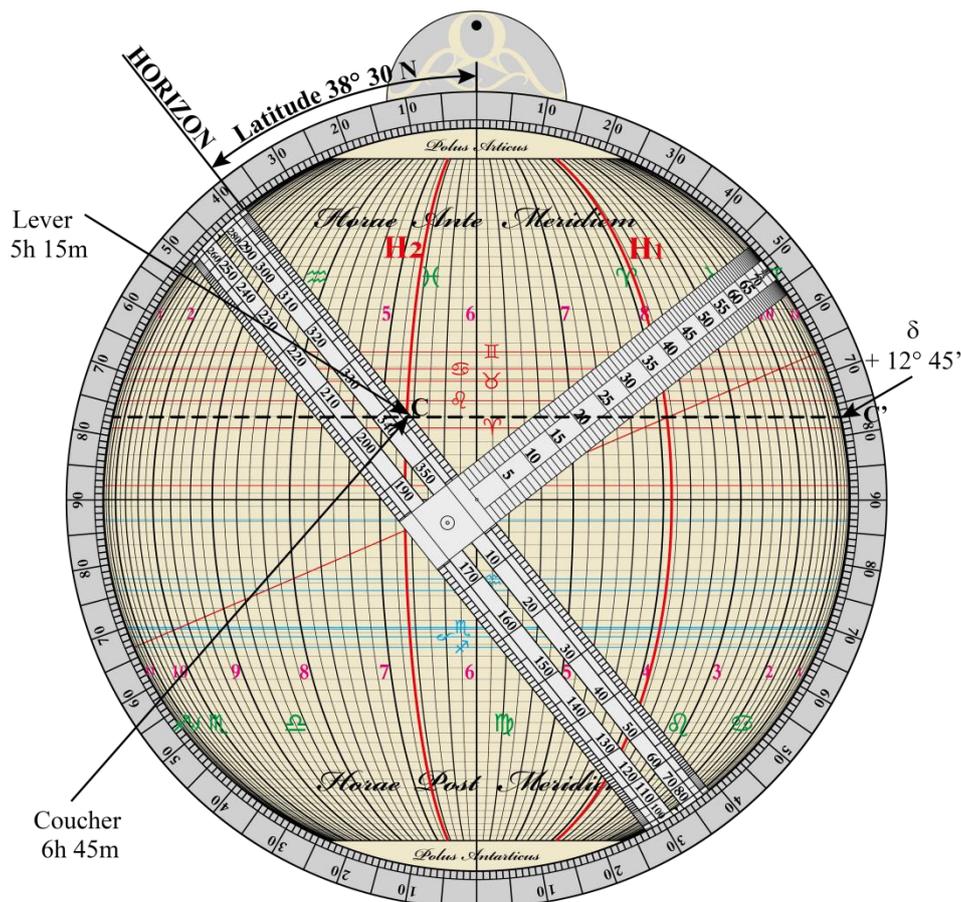


Fig. 16

La durée du jour, correspondant à la partie **CC'C** du parallèle vaut 13h 30 minutes soit (12h - 5h15 + 6h45).

Ex. 2 : 10 octobre / φ 38° 30' N

λ_{ϵ} : 197° ; α_S : $\approx 196^\circ$ ou $\approx 13h\ 04$ (informations lues au dos de l'astrolabe)

Repérer le cercle horaire **H1** correspondant à 13h04.

Visualiser sur le tympan le parallèle décrit par le soleil, passant par l'intersection du cercle horaire **H1** et de l'écliptique, lecture de $\delta \approx -7^\circ$

Heures (solaires) lever et coucher du soleil :

le cercle horaire **H2** intercepté par le bord de la règle **C** indique les heures de lever et coucher du soleil : lever 6h 21m / coucher 5h 39m (17h 39m)

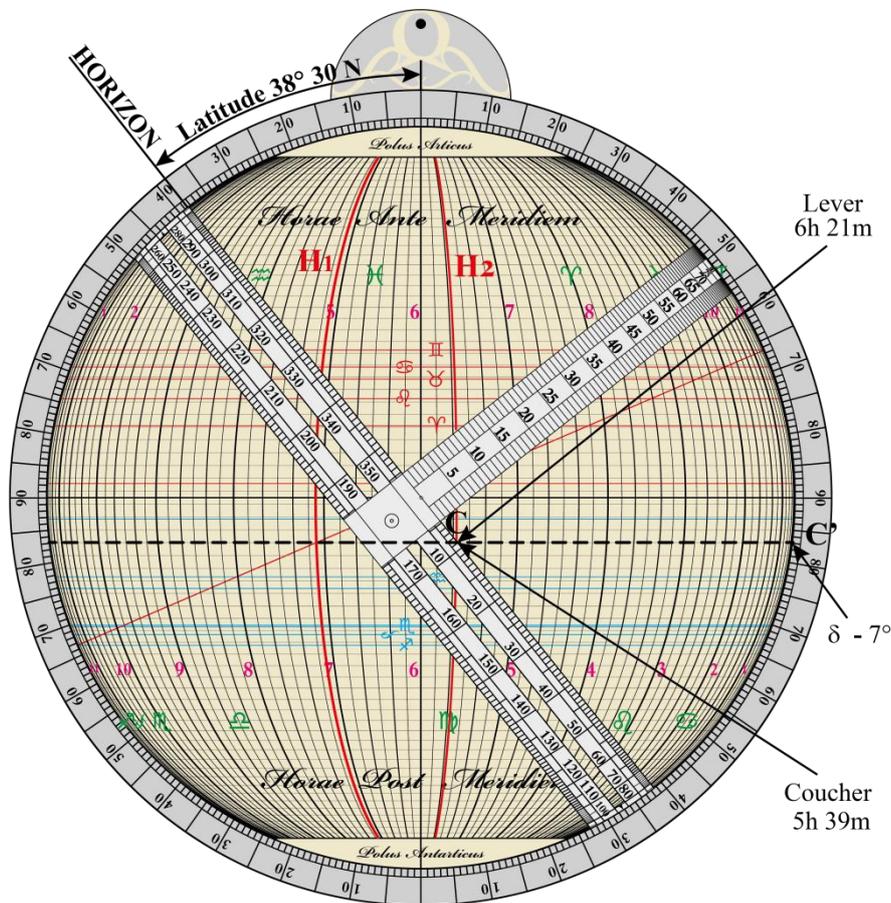


Fig. 16a

La durée du jour, correspondant à la partie **CC'C** du parallèle vaut 11h 18 minutes soit (12h - 6h21 + 5h39).



4) Mesurer la hauteur h du soleil

De nombreuses résolutions de problèmes astronomiques nécessitent de savoir mesurer la hauteur du soleil (ou des étoiles) au dessus de l'horizon.

Pour le soleil, se tenir face au soleil, l'astrolabe doit être tenu par l'anneau, bras tendu.

Orienter l'alidade en direction du soleil. Il faut que la lumière du soleil passe par le trou de la pinnule supérieure et ressorte par le trou de la pinnule inférieure.

On ne regarde pas le soleil, on constate la projection de la tâche de lumière.

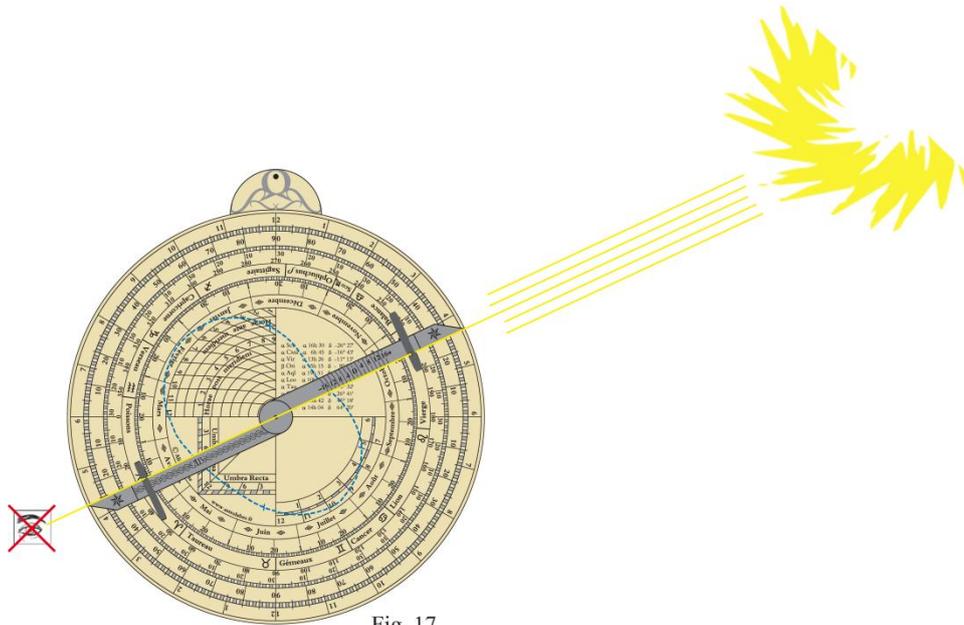


Fig. 17

La lecture de la hauteur mesurée se fait sur la 1ère couronne graduée en degrés.

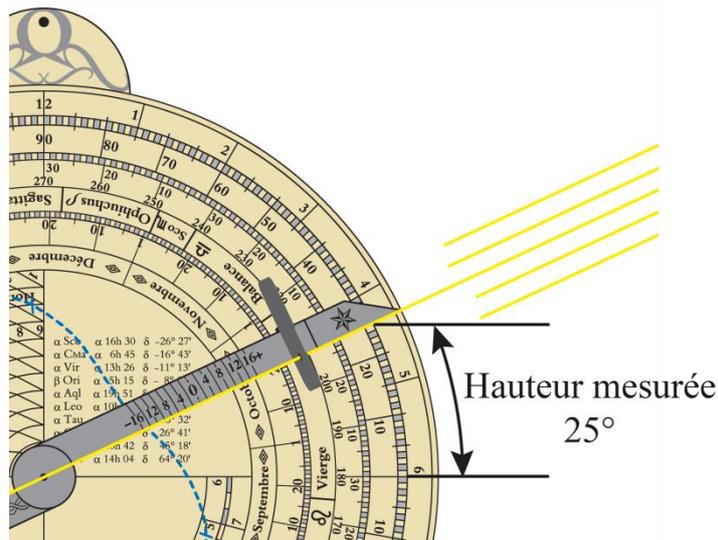


Fig. 17a

Pour la mesure de hauteur des étoiles, il est nécessaire de positionner un œil dans l'axe de la pinnule inférieure. (cf. p69)



5) Par la hauteur h du soleil, connaître son azimut A , l'heure solaire, et lire les hauteurs du soleil pour tout moment de la journée.

φ 30° N , 23 Juillet , λ_g 120.5 ° , α_s 123° ou 8h12, δ + 20°

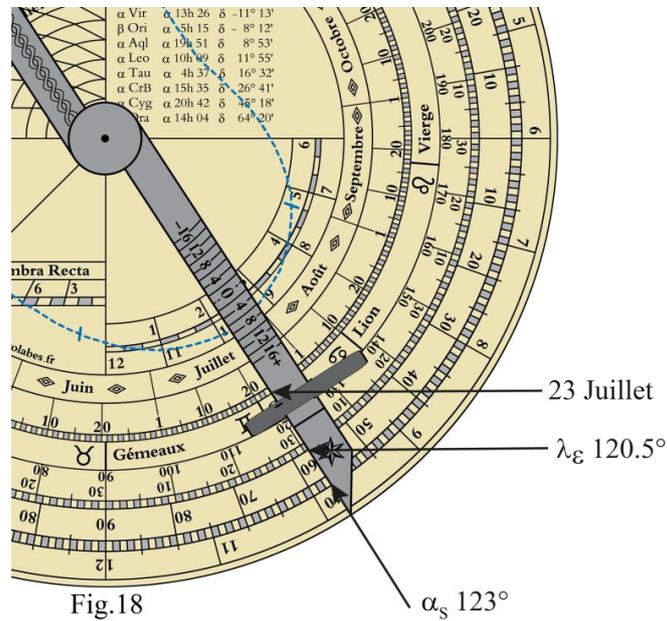


Fig.18

Mesure de la hauteur du soleil : $h = 50^\circ$

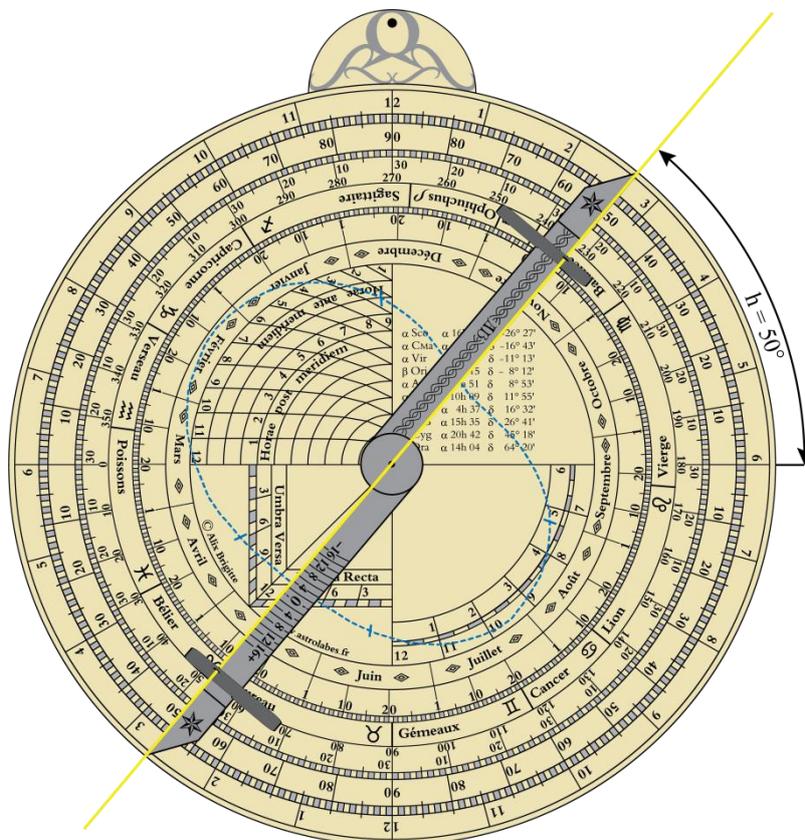


Fig.18a

Si le soleil n'a pas franchi le méridien sud, la mesure est faite le matin, sinon l'après-midi.

Pivoter la règle pour l'amener à la latitude ϕ 30° , repérer le parallèle $\delta + 20^\circ$
 Faire glisser le curseur de manière à amener la graduation h 50° sur $\delta + 20^\circ$,
 et lire l'heure solaire, intersection et parallèle.

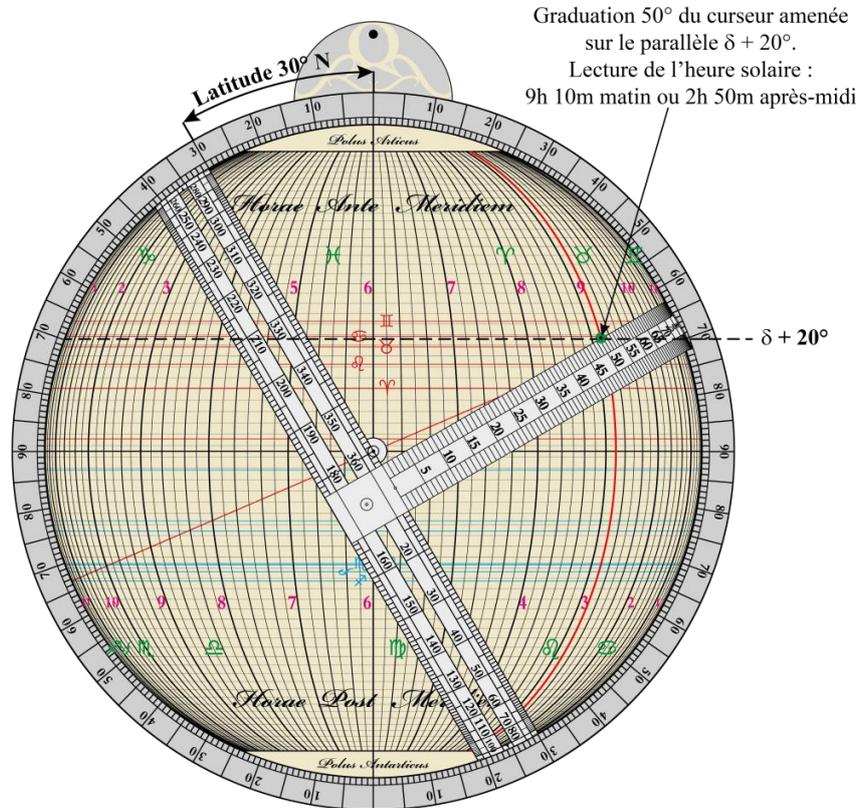


Fig. 19

Lecture des azimuts A

Réglage de l'instrument pour la lecture des coordonnées horizontales :
 sans modifier la position du curseur, pivoter la règle dans le sens direct de la valeur de la colatitude (60°), et lire la valeur de l'arc d'azimut A correspondant à h 50°

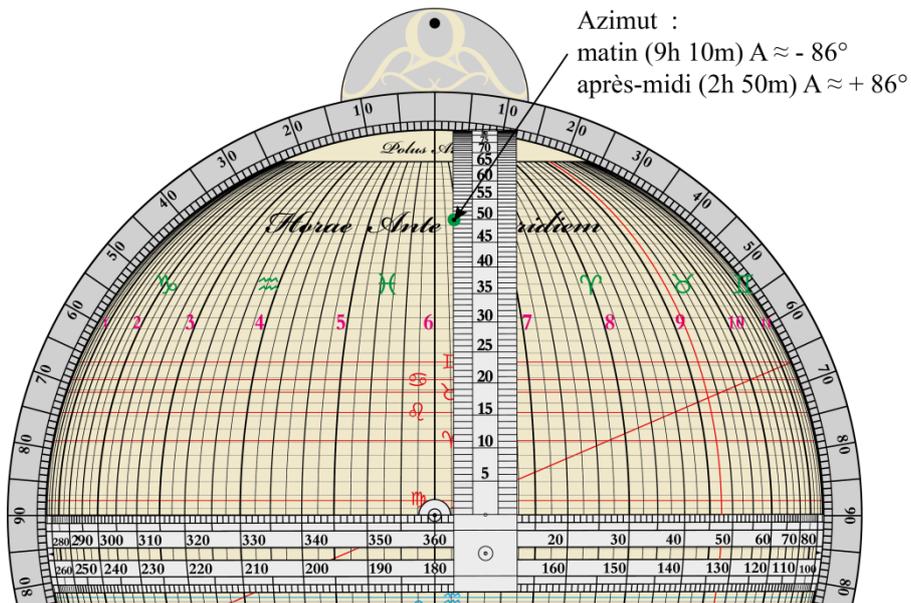


Fig. 19a

La mobilité du curseur permet de connaître la hauteur du soleil et de lire l'azimut A quel que soit le moment de la journée.

Le 23 juillet, la déclinaison δ du soleil est $+20^\circ$.

Lecture de l'azimut A au lever et au coucher du soleil :

0° du curseur est amené à l'intersection de la ligne d'horizon et du parallèle $+20^\circ$

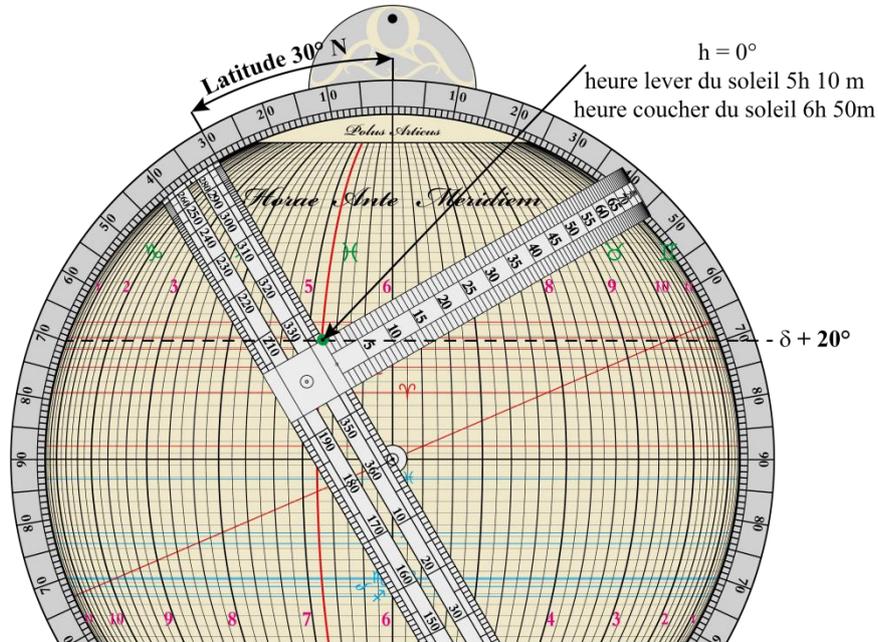


Fig. 19a_

Lecture de l'azimut A du soleil au lever ou au coucher :

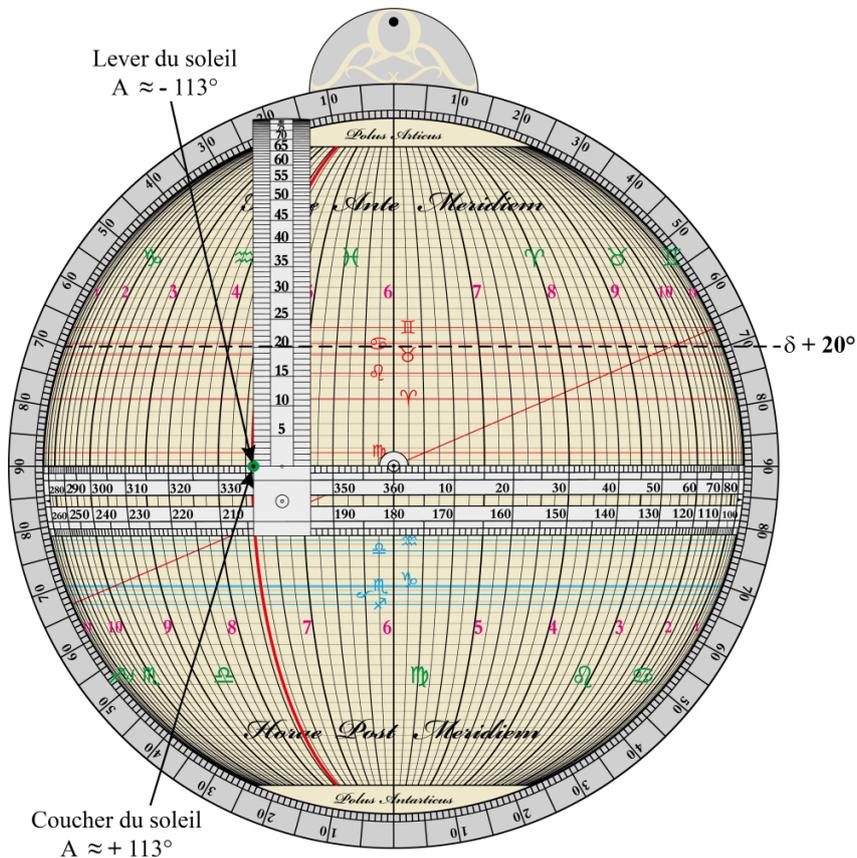
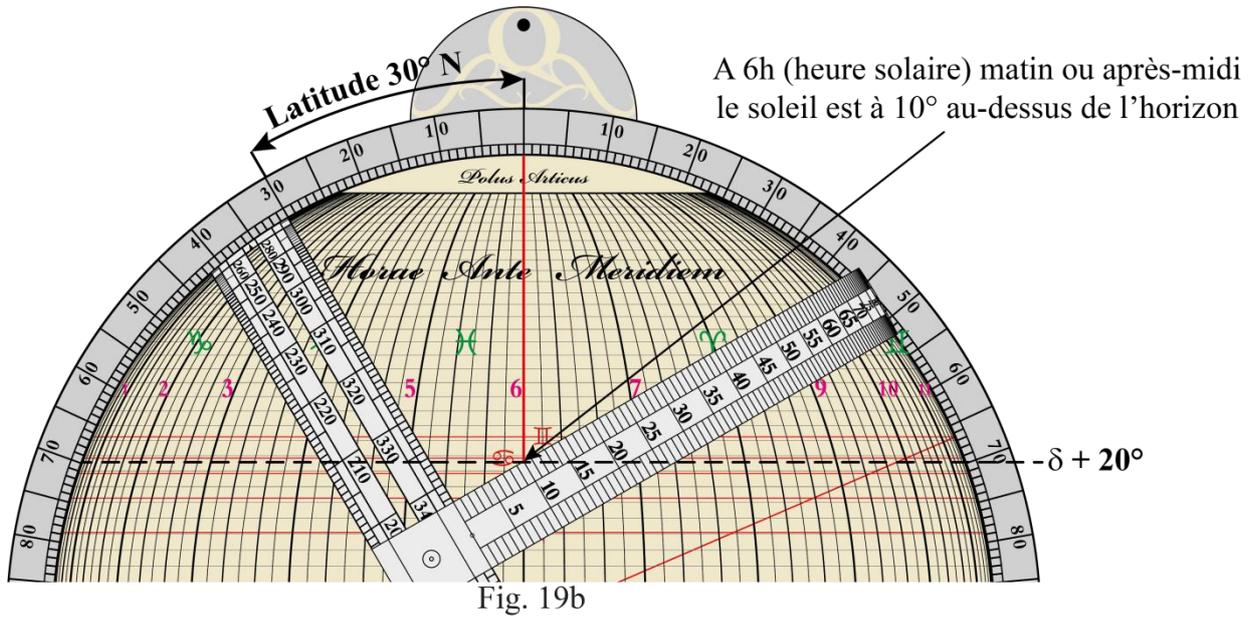


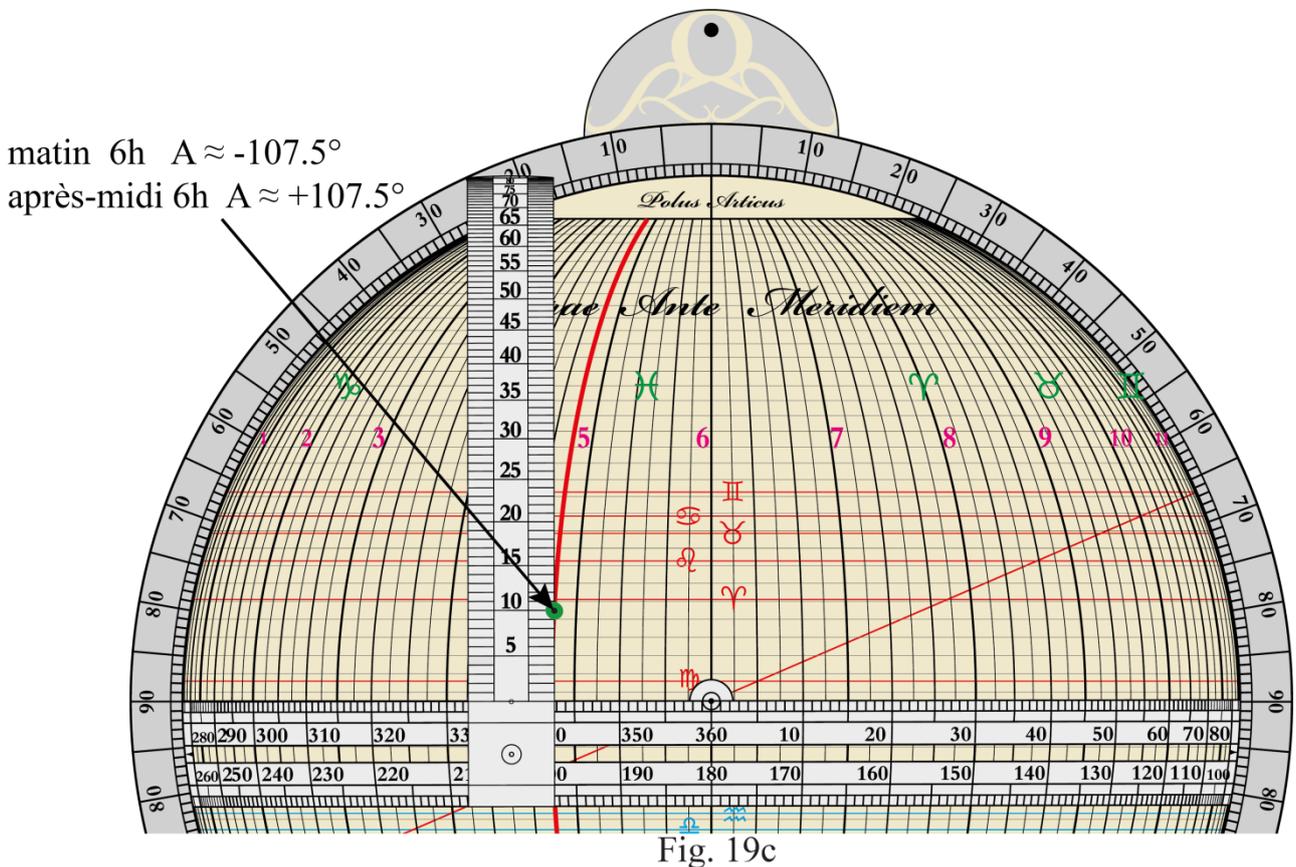
Fig. 19a_

Hauteur du soleil à 6h (matin ou après-midi)



Lecture de l'azimut A :

À noter : lors du positionnement du curseur, privilégier le côté qui ne masque pas la visibilité de l'arc



Hauteur du soleil à 8h (matin) ou 4h (après-midi)

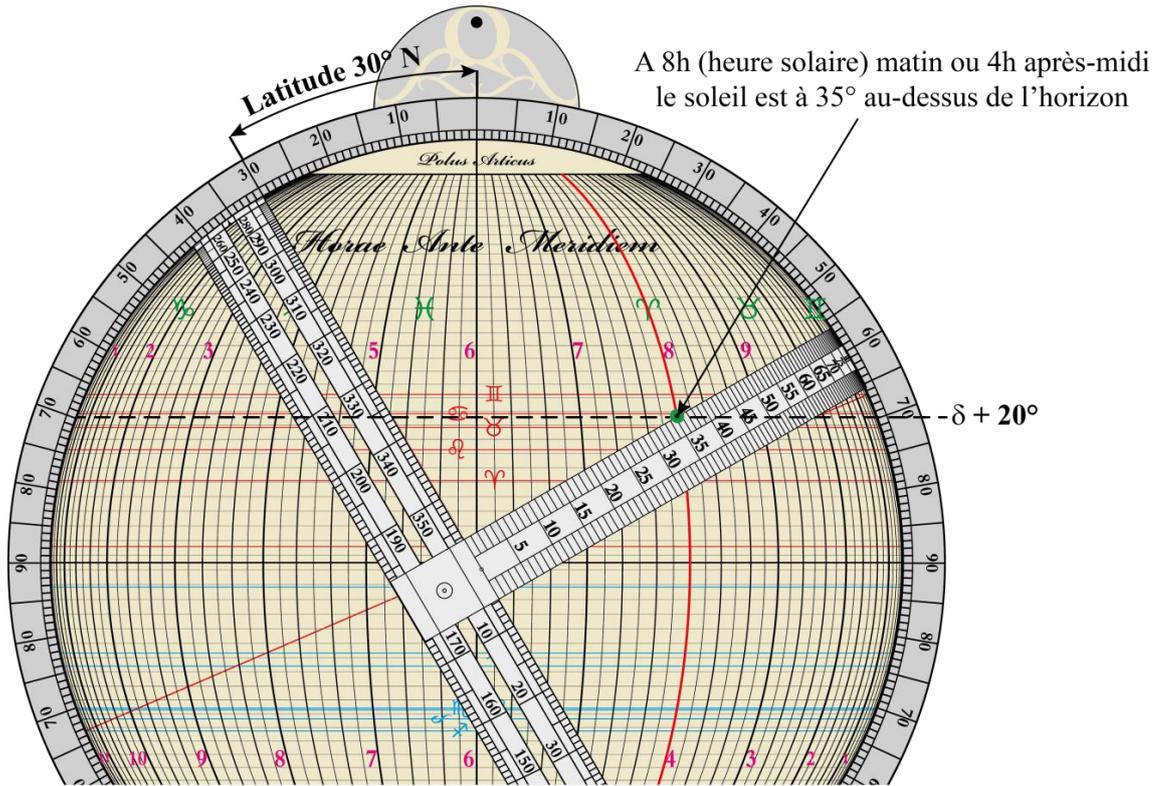


Fig. 19d

Lecture de l'azimut A :

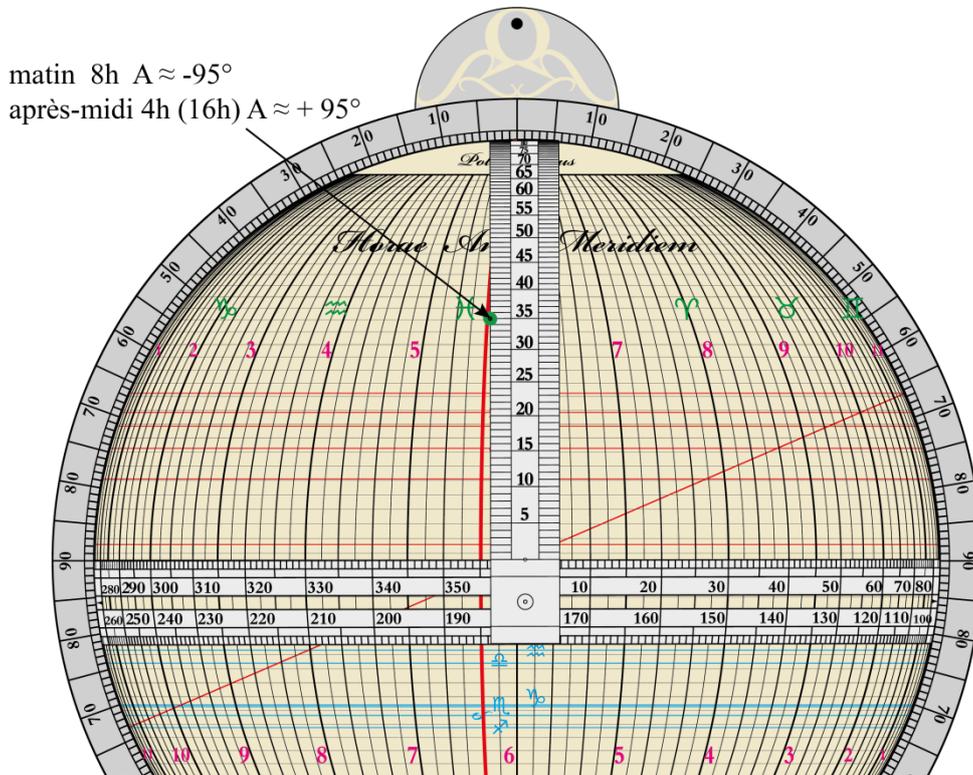


Fig. 19e



6) Connaissant la déclinaison δ du soleil, trouver la latitude φ , et inversement connaissant φ trouver δ .

lecture de la latitude φ , date 31 mai, $\delta + 22^\circ$.

Mesurer la hauteur méridienne du soleil en utilisant l'alidade du dos de l'astrolabe.

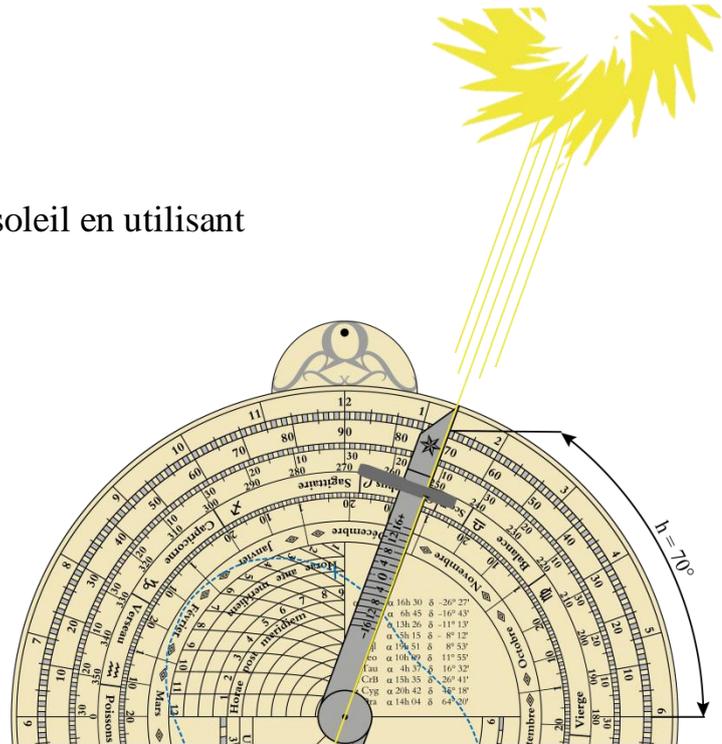


Fig. 20

Utilisation de la face avant :

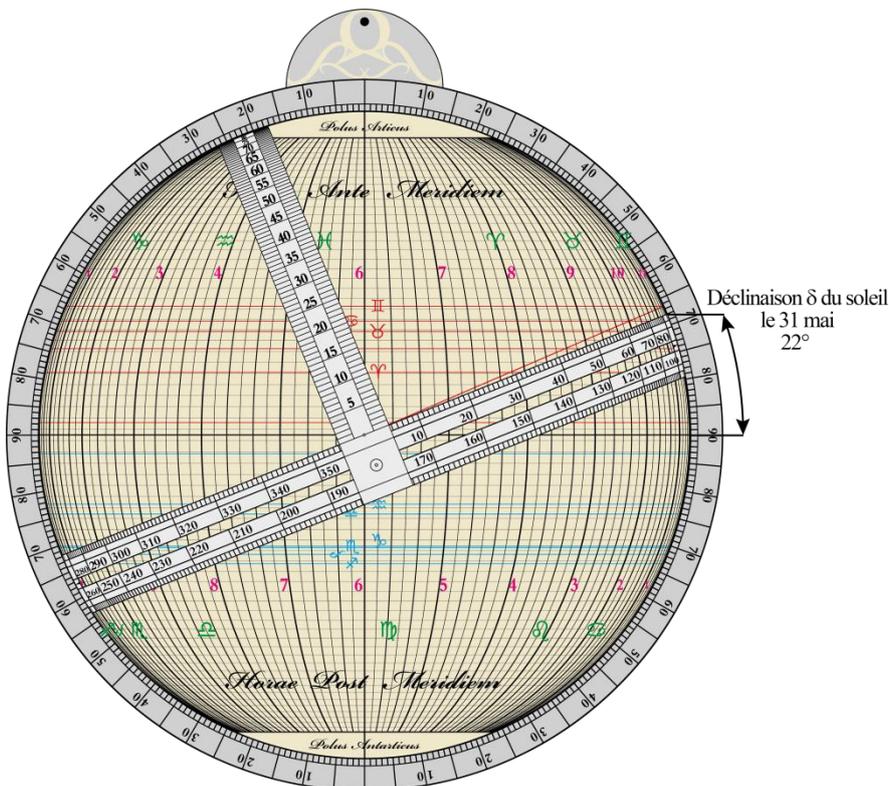
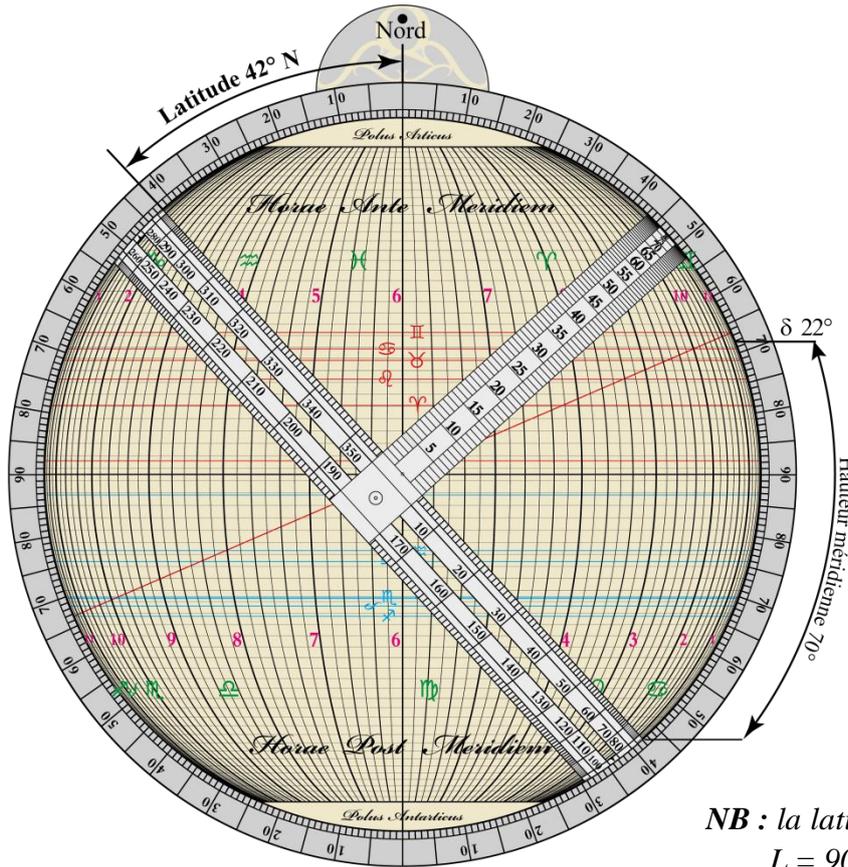


Fig. 21

Pivoter la règle dans le sens direct et placer le bord sur le degré de déclinaison δ du soleil, $+22^\circ$.



Pivoter ensuite la règle de la valeur de la hauteur méridienne mesurée, $h = 70^\circ$, dans le sens horaire.

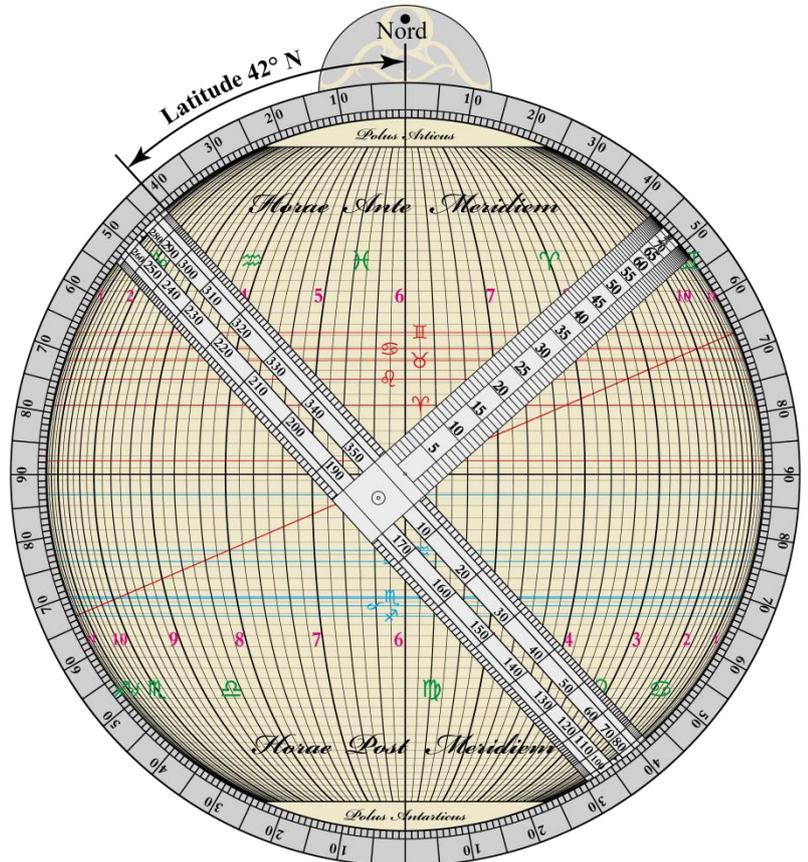
Lecture de $\varphi = 42^\circ \text{ N}$.
(angle horizon nord / pôle nord)

NB : la latitude se calcule selon la formule :
 $L = 90 + \delta - \text{hauteur mesurée du soleil}$

Fig. 21a

Lecture de la déclinaison δ connaissant la latitude φ (42° N),

Régler l'astrolabe à la latitude $\varphi 42^\circ \text{ N}$



Pivoter la règle dans le sens direct du nombre de degrés correspondant à la hauteur méridienne, 70° .

Lorsque la hauteur est atteinte, on peut lire la valeur δ sur le limbe, + 22° .

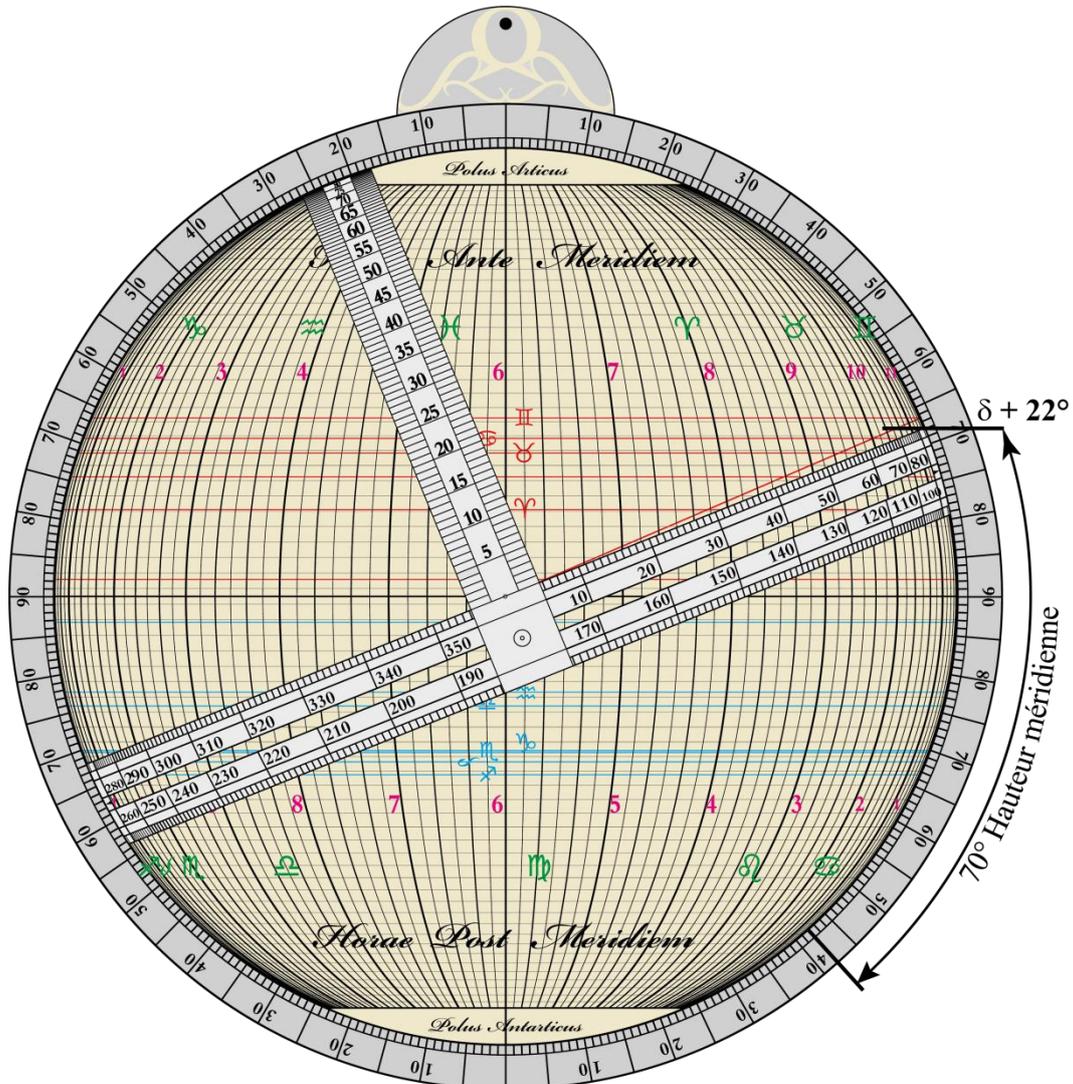


Fig. 22a



7) Connaissant la latitude φ , l'azimut A et la hauteur h du soleil, lire l'heure solaire et trouver la date.

φ 42° N, h 20° mesure faite l'après-midi, A $+ 32^\circ 30'$ (sud-ouest).

a) réglage de l'instrument pour lecture des coordonnées horizontales, h et A .

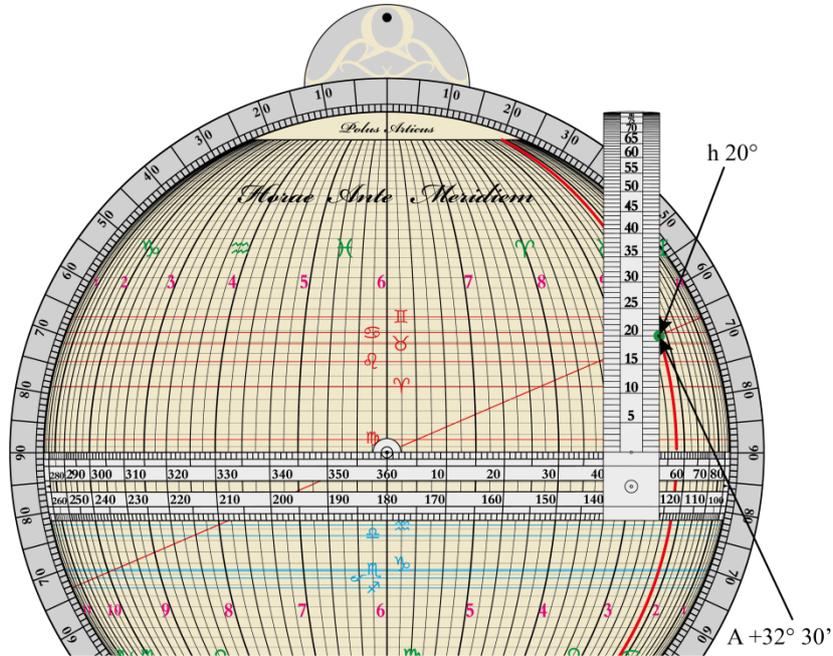


Fig. 23

b) rotation de l'ensemble règle/curseur pour réglage en latitude 42° N, permettant la lecture de la déclinaison (1), de l'ascension droite α_s (2) et de l'heure solaire (3)

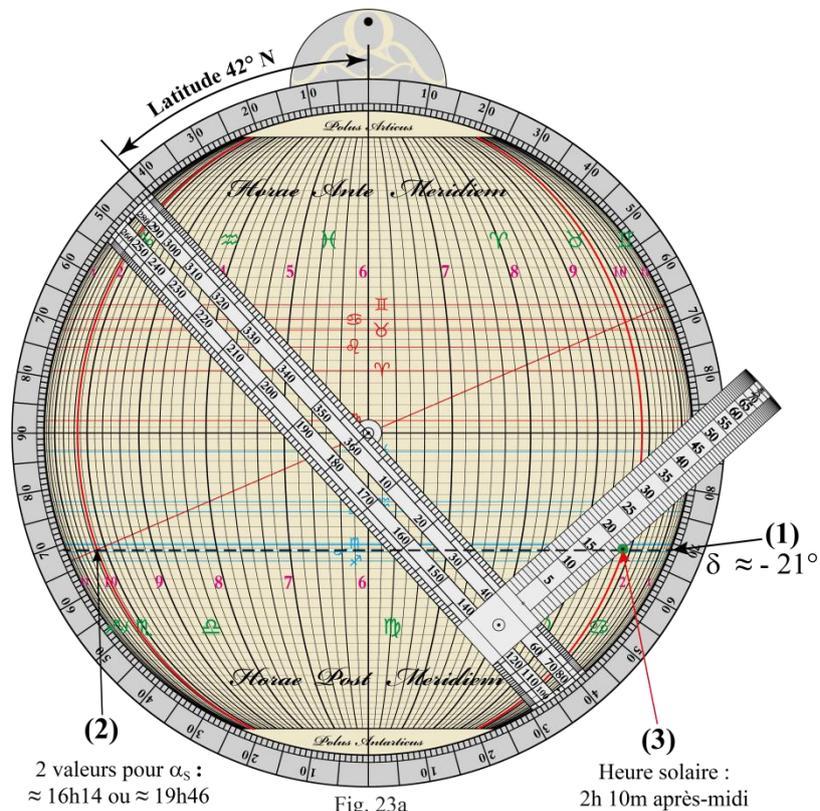


Fig. 23a

Dates correspondant aux 2 valeurs α_S :

α_S 16h14 (243° 30') correspond au 27 Novembre

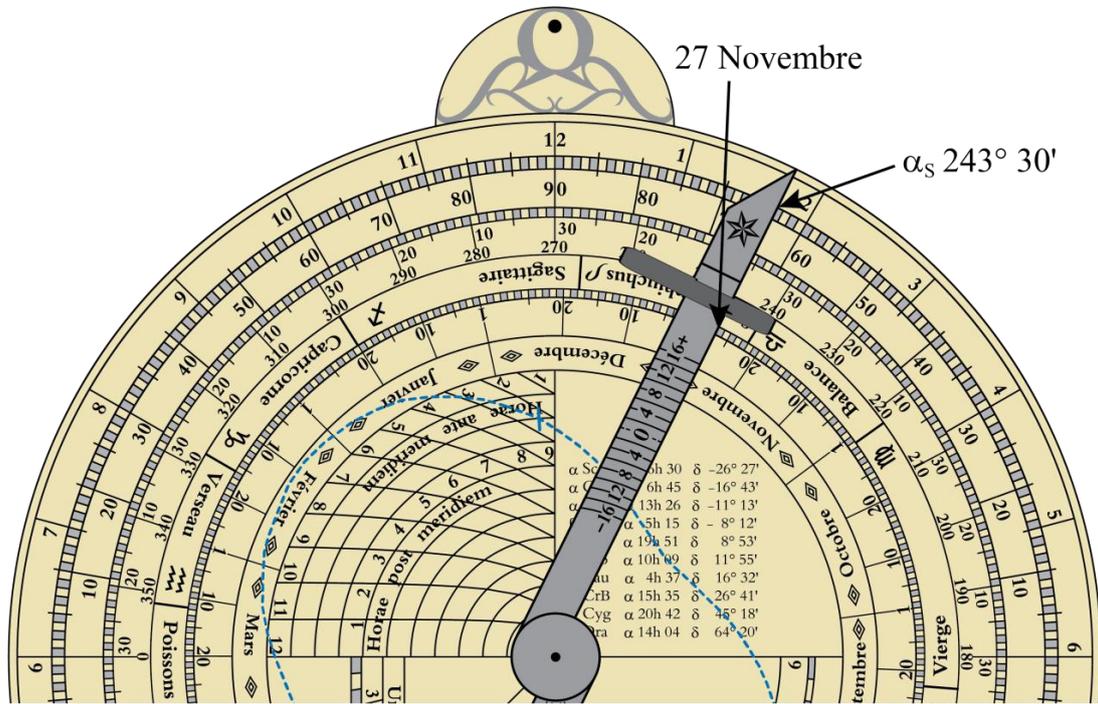


Fig. 24

α_S 19h46 (296° 30') correspond au 14 Janvier

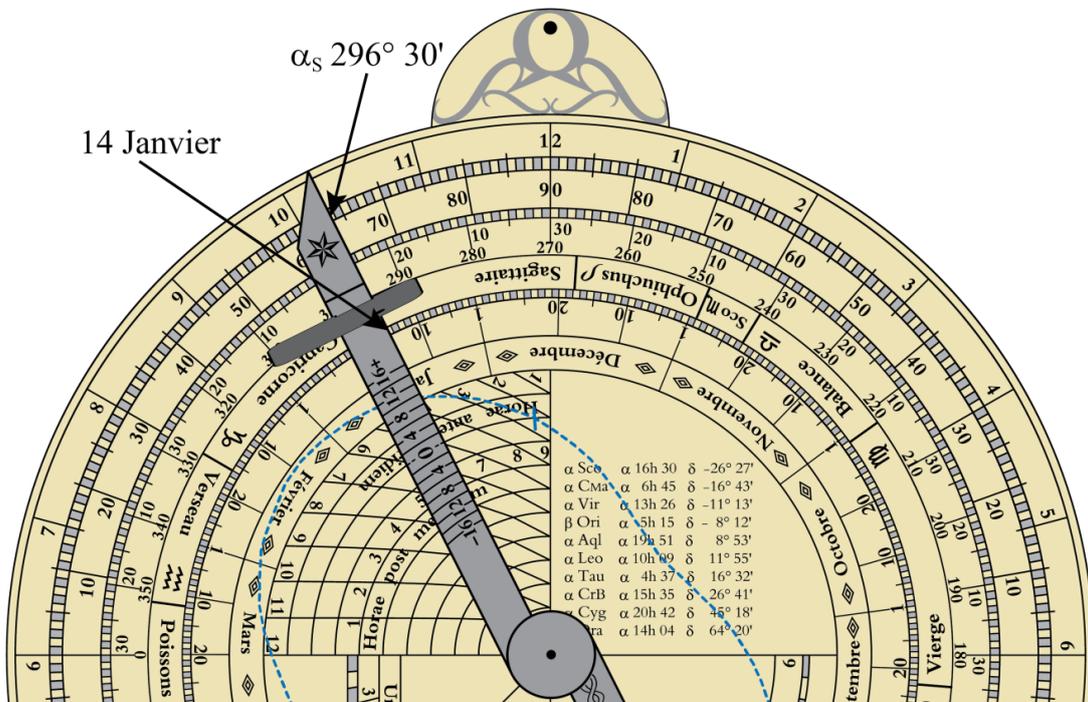


Fig. 24a



8) Connaissant la date, la hauteur h du soleil et son azimut A , lire l'heure solaire et la latitude du lieu.

Ex. 1 : date 04 Novembre matin ; $\delta - 15^\circ 30'$

Mesure de la hauteur h du soleil : 20° ; $A = - 57^\circ 30'$.

Mettre la règle sur l'équateur, repérer sur le curseur la graduation 20° et l'amener, sans bouger la règle, sur l'azimut $- 57^\circ 30'$.

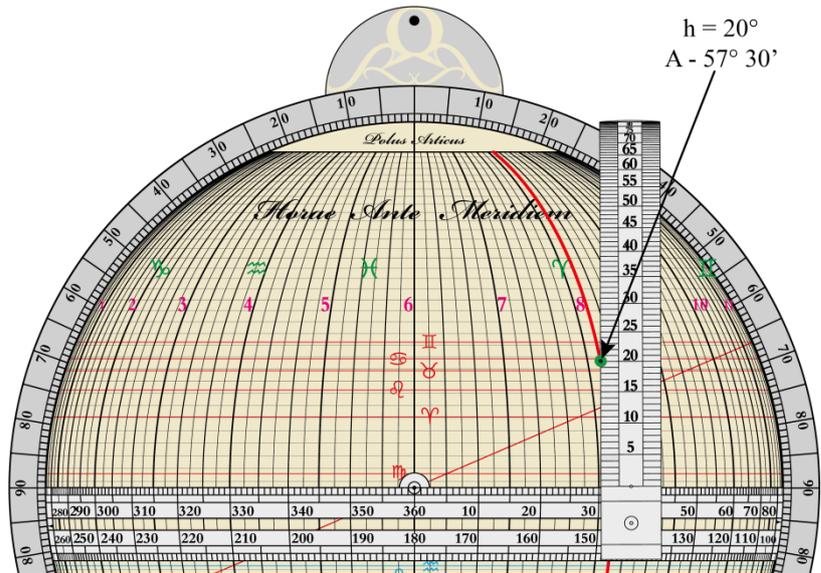


Fig. 25

Pour la lecture heure et latitude, pivoter l'ensemble règle/curseur dans le sens horaire jusqu'à ce que la graduation 20° du curseur vienne se positionner sur le parallèle $\delta - 15^\circ 30'$

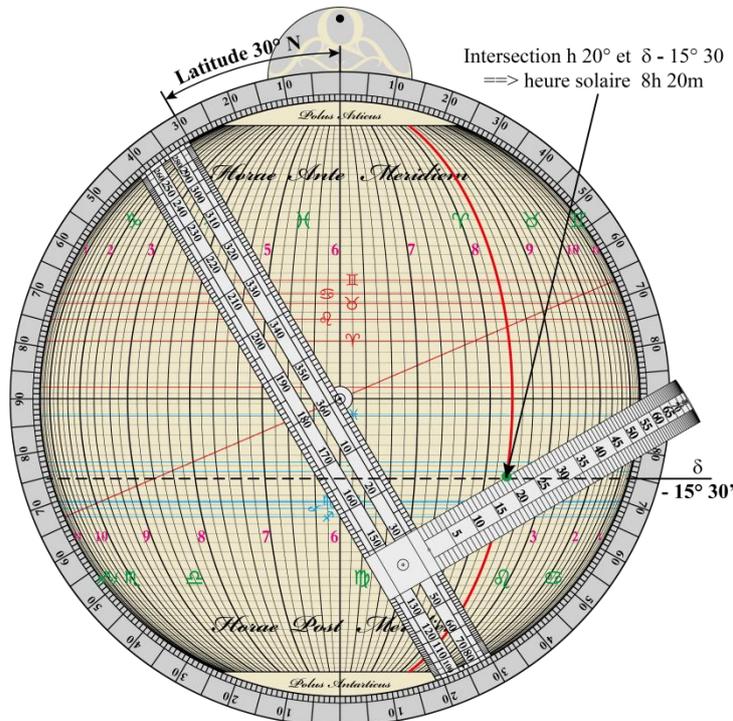


Fig. 25a

Latitude : 30° N - Heure solaire 8h 20m

Ex. 2 : date 19 Août après-midi ; $\delta + 12^\circ 30'$
 Mesure de la hauteur du soleil : $h = 50^\circ$; $A = + 27^\circ$.

Mettre la règle sur l'équateur, repérer sur le curseur la graduation 50° et l'amener, sans bouger la règle, sur l'azimut + 27°.

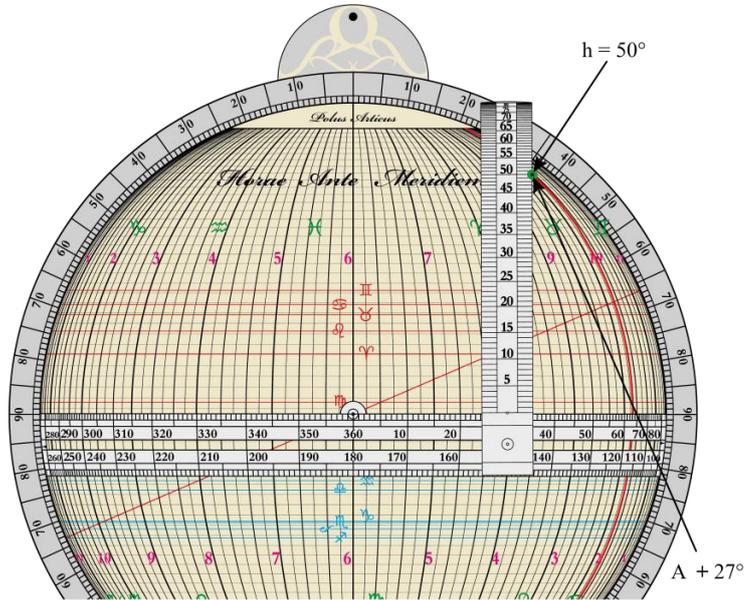


Fig. 26

Pivoter l'ensemble règle/curseur dans le sens horaire jusqu'à ce que la graduation 50° du curseur vienne se positionner sur le parallèle $\delta + 12^\circ 30'$.

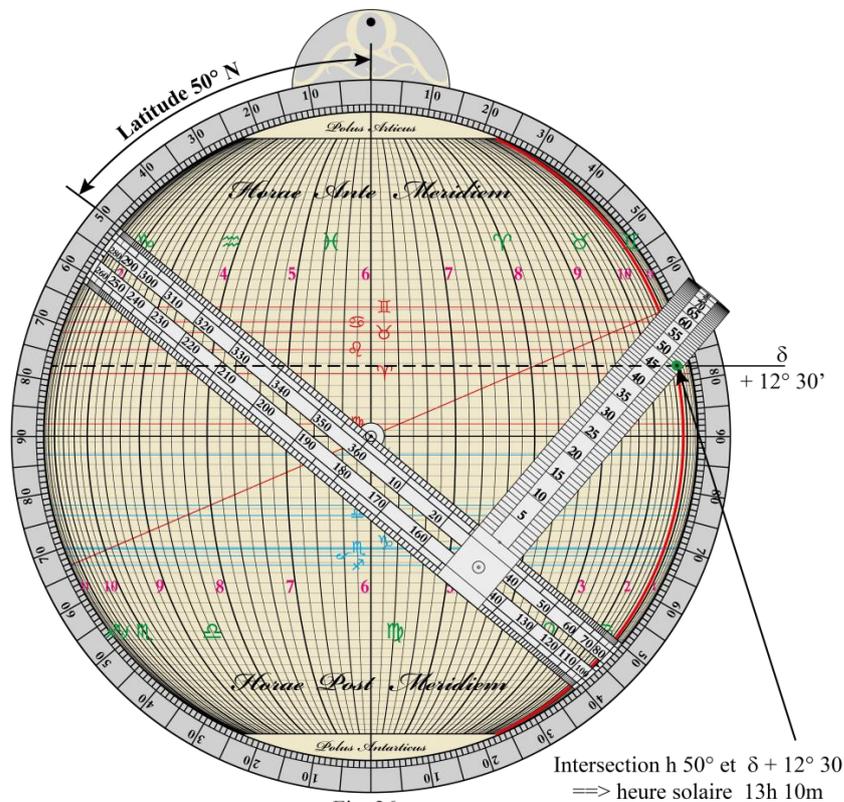


Fig. 26a

Latitude : 50° N - Heure solaire 13h 10m



9) Lire les heures des crépuscules, civil, nautique, astronomique, connaissant la date (10 octobre), la déclinaison $\delta \approx -7^\circ$, et la latitude ϕ (49° N).

Position du soleil sous l'horizon aux différents crépuscules :
civil : 6° ; nautique : 12° ; astronomique : 18°

Il a été vu au chap.5 (p33) la méthode pour lire les hauteurs du soleil pour tout moment de la journée. La lecture des heures des crépuscules relève de la même pratique mais après avoir pris soin de pivoter la règle dans le sens direct d'un angle de $(180^\circ - \text{colatitude})$, afin que le curseur se situe sous la ligne d'horizon.

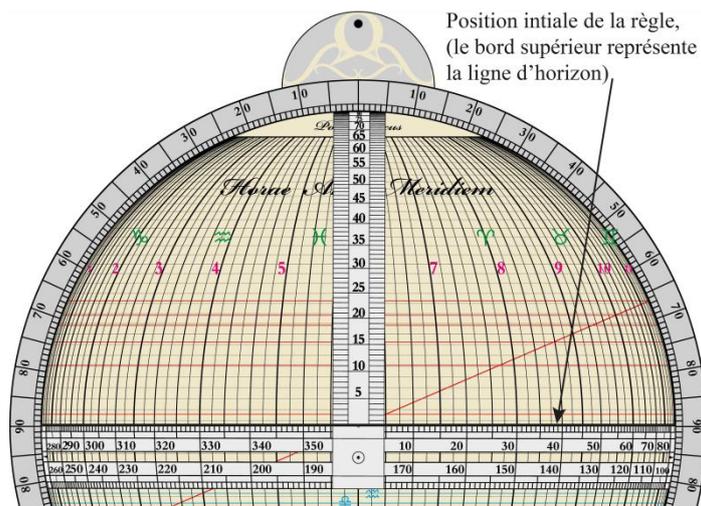


Fig. 27

Position de la règle à la latitude de 49° N pour la lecture des heures de crépuscules.

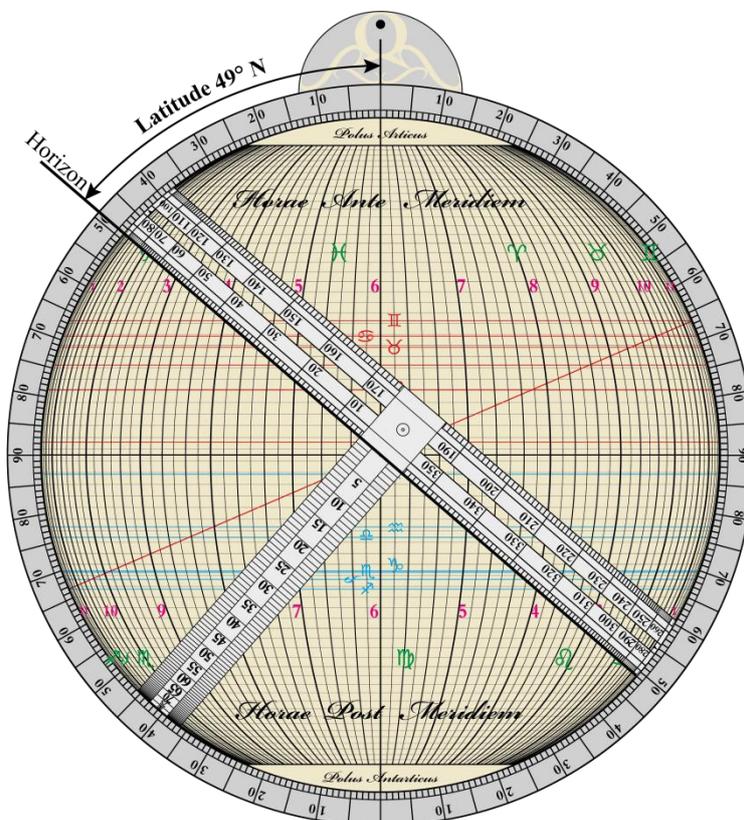


Fig. 27a

Lecture des heures des crépuscules

Tout d'abord repérer le parallèle de $\delta -7^\circ$.

Crépuscule civil, sans bouger la règle, déplacer le curseur pour positionner la graduation 6° sur le parallèle correspondant à $\delta -7^\circ$. L'heure est donnée par le cercle horaire passant par l'intersection parallèle/graduation 6° du curseur.

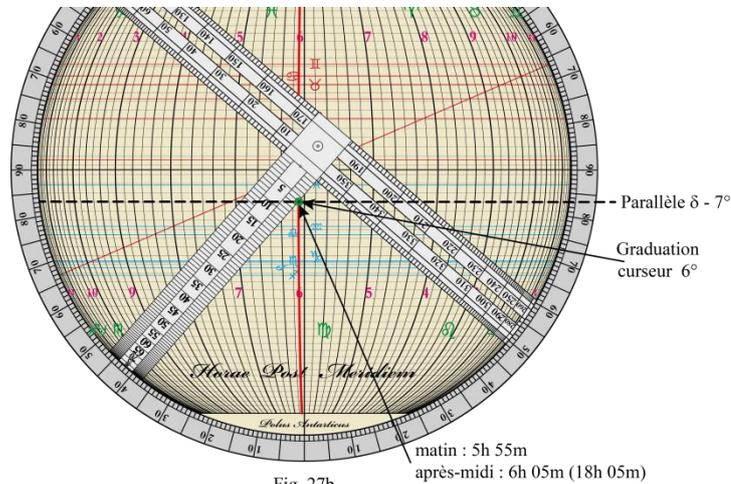


Fig. 27b

Crépuscule nautique, positionner la graduation 12° du curseur sur le parallèle $\delta -7^\circ$.

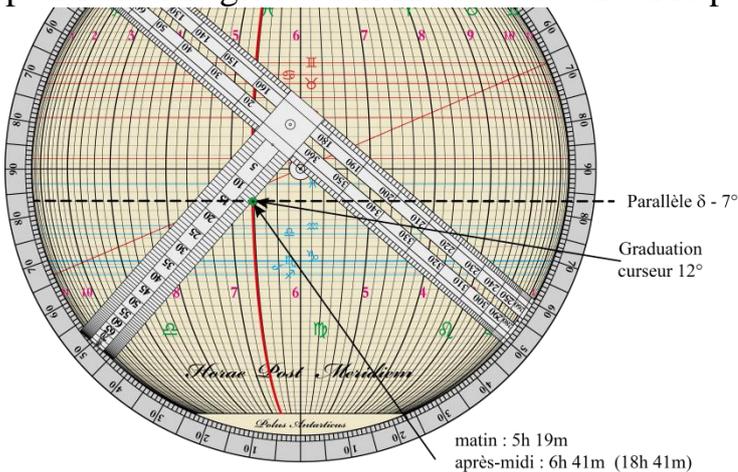


Fig. 27c

Crépuscule astronomique, positionner la graduation 18° du curseur sur le parallèle $\delta -7^\circ$.

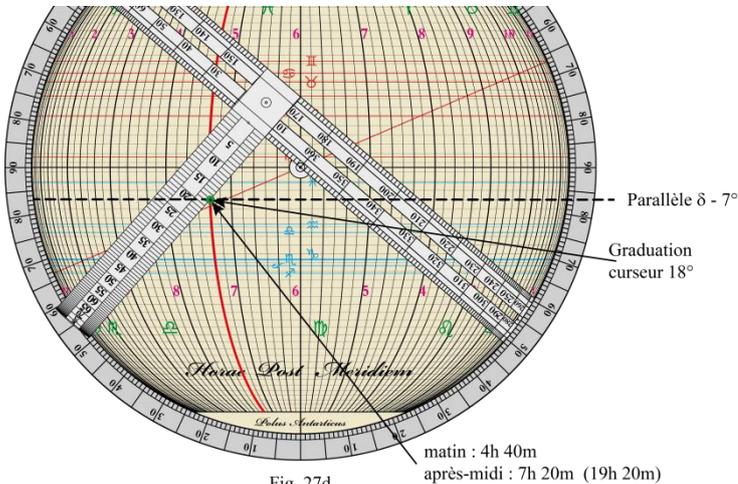


Fig. 27d



10) Connaissant l'heure solaire, déterminer les heures babyloniennes, italiennes et inégales.

Heures babyloniennes : temps écoulé depuis le lever du soleil, "horae ab ortu"

Heures italiennes : temps écoulé depuis le coucher du soleil "horae ab occasu"

Heures inégales : il y a lieu de distinguer les heures inégales de jour, au nombre de 12 - temps écoulé entre le lever et le coucher du soleil -, et les heures inégales de nuit, également au nombre de 12 - temps écoulé entre le coucher et le lever du soleil. Durée de l'heure inégale de jour \neq durée de l'heure inégale de nuit (sauf aux équinoxes), elles sont complémentaires, leur addition est toujours égale à 2 h de 60 minutes, soit 30° . Dans les 2 cas, les arcs diurnes ou nocturnes sont divisés en 12, ce qui donne la valeur en degrés de l'heure inégale.

Ex. : à la latitude de 49° , le 23 juillet, lever du soleil 4h15m, coucher 19h45m, temps écoulé 15h 30m soit arc diurne $15.5 \times 15 = 232.5^\circ$, donc arc nocturne 127.5°

valeur heure inégale de jour H_i jour :

$232.5^\circ / 12 = 19.375^\circ$ (soit 1h 17m 30s) ou également 1.292 h

valeur heure inégale de nuit H_i nuit :

$127.5^\circ / 12 = 10.625^\circ$ (soit 0h 42m 30s) ou également 0.708 h

Lecture des différentes heures. (*heures entre le lever et le coucher du soleil pendant lesquelles la hauteur du soleil peut être mesurée, pour les heures entre le coucher et le lever du soleil se reporter au chapitre des étoiles - chap. 5. p80 -*)

La manipulation initiale consiste, connaissant date et latitude, à lire les heures de lever et coucher du soleil (chap.3 p.30) puis à mesurer la hauteur du soleil afin de lire l'heure solaire (chap. 5 p.33).

Contrairement aux exercices vus précédemment, la lecture des heures babyloniennes, italiennes et inégales ne se fait pas directement sur l'instrument, mais par calcul selon les énoncés suivants :

Heure babylonienne = heure solaire - **heure du lever**

Ex. $\varphi 49^\circ$ N - 23/07 - heure solaire 10h 30m - **4h 15m** = **6h 15m**

Heure italienne = heure solaire + **heure du lever**

Ex. $\varphi 49^\circ$ N - 23/07 - heure solaire 10h 30m + **4h 15m** = **14h 45m**

Heure inégale :

(jour) = (heure solaire - **heure de lever**) / H_i jour

Ex. $\varphi 49^\circ$ N - 23/07 : (10h 30m - **4h 15m**) / 1.292h = 4.837 soit **4h 50m**

(nuit): = (heure solaire - **heure coucher**) / H_i nuit

Ex. $\varphi 49^\circ$ N - 23/07 : (heure solaire 23h 30m - **19h 45m**) / 0.708h = 5.30 soit **5h17m**



11) Trouver les amplitudes orientale et occidentale du soleil pour une latitude donnée, afin de connaître les azimuts au lever et coucher du soleil, et inversement, trouver la latitude à partir des amplitudes .

amplitude orientale (ortive) : arc mesuré sur l'horizon entre la direction de l'est et celle de la position occupée par un astre à son lever. Elle est orientale-méridionale pour un astre se levant vers le sud, ou orientale-septentrionale si le lever se fait vers le nord.

amplitude occidentale (occase) : arc mesuré sur l'horizon entre la direction de l'ouest et celle de la position occupée par un astre à son coucher. Elle est occidentale-méridionale pour un astre se couchant vers le sud, ou occidentale-septentrionale si le coucher se fait vers le nord.

Si le lever est septentrional le coucher le sera également, de même si le lever est méridional le coucher le sera également.

$\delta > 0$, l'amplitude est septentrionale, et $\delta < 0$, l'amplitude est méridionale.

$\delta > 0$ l'amplitude ortive est négative et l'amplitude occase positive

$\delta < 0$ l'amplitude ortive est positive et l'amplitude occase négative

Latitude 40° N

Lecture amplitudes et azimuts du soleil au solstice d'été $\delta + 23^\circ 26'$

l'amplitude se lit sur la ligne d'horizon, (bord de la règle) du centre de l'astrolabe au point d'intersection du parallèle δ avec le bord de la règle

lever du soleil : $\delta > 0$
amplitude ortive septentrionale (nord est) - 32°

coucher du soleil :
amplitude occase septentrionale (nord ouest) + 32°

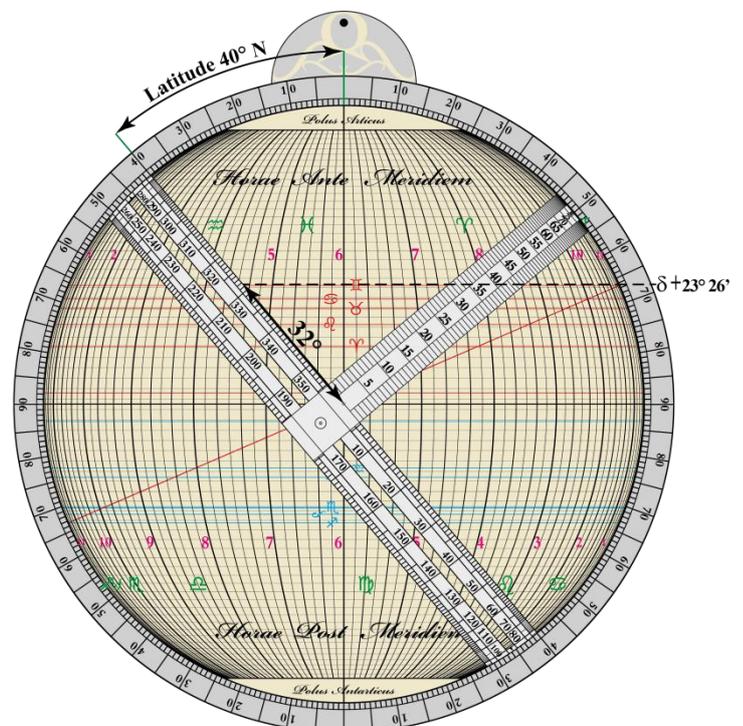
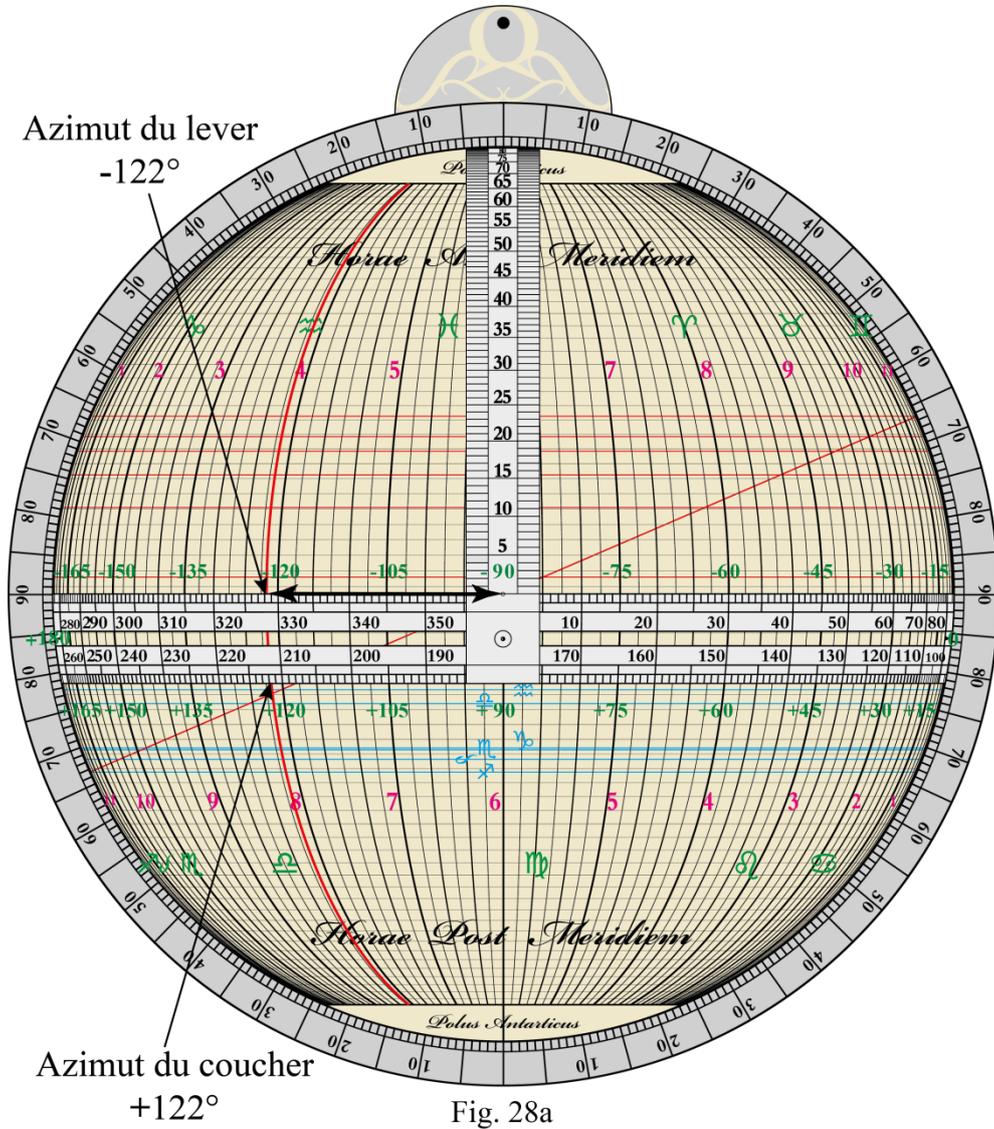


Fig. 28

Pour connaître les azimuts on peut procéder de 2 manières :

a) la règle ramenée dans le plan de l'horizon permet d'en lire les valeurs



b) par calcul :

Dans cet exemple, $\delta > 0$

A au lever = azimut Est (-90°) + amplitude ortive (-32°) soit -122°

A au coucher = azimut Ouest ($+90^\circ$) + amplitude occase ($+32^\circ$) soit $+122^\circ$

Exemple avec $\delta < 0$: 27 Octobre, $\delta - 13$
 Latitude 40° N

lever du soleil : amplitude ortive
 méridionale (sud est) $+17^\circ$
 soit azimut au lever :
 $-90^\circ + 17^\circ = -73^\circ$

coucher du soleil : amplitude occase
 méridionale (sud ouest) -17°
 soit azimut au coucher :
 $90^\circ + (-17^\circ) = +73^\circ$

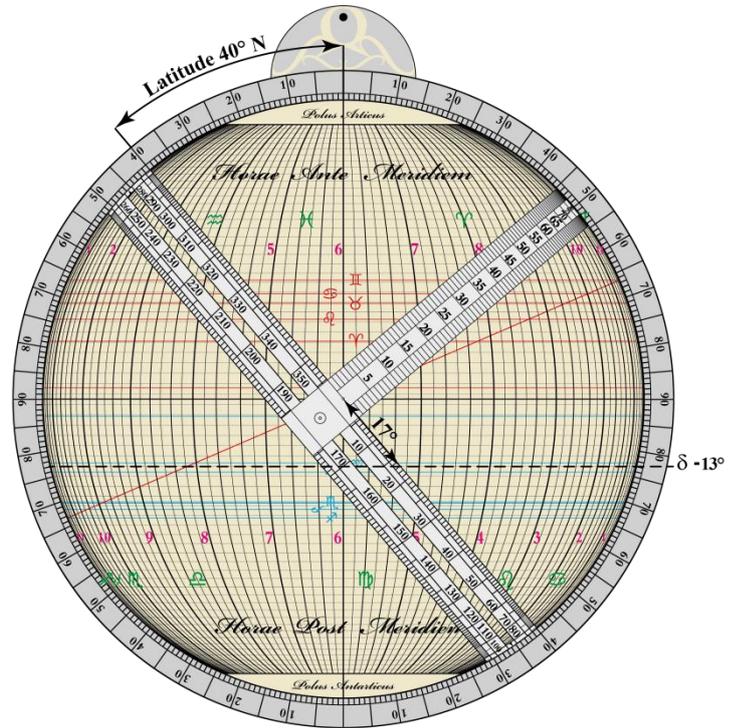


Fig. 28b

Vérification en amenant la règle dans
 le plan de l'horizon :

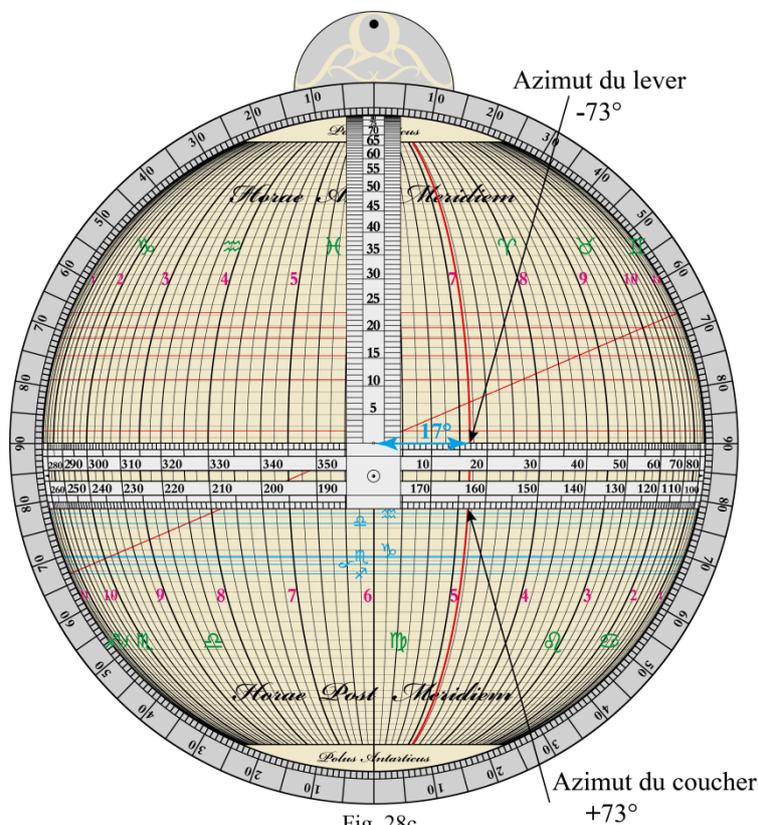


Fig. 28c

NB : $\delta -13^\circ$ correspond à 2 dates dans l'année.

L'intersection éclipse/parallèle donne la lecture α_S pour les 2 dates :
14h05 ou 21h55

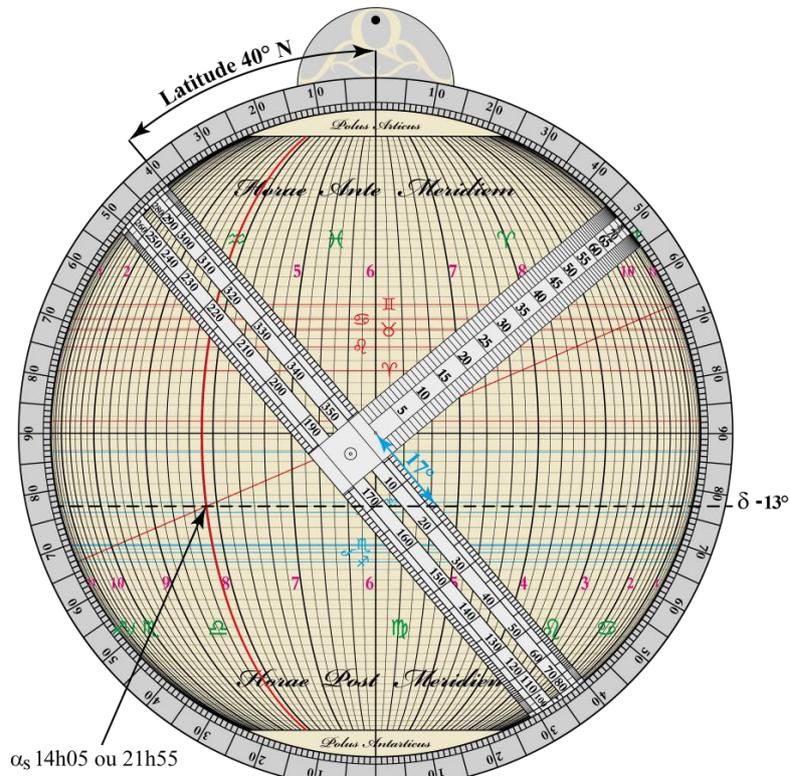


Fig. 28d

En utilisant le dos de l'astrolabe, on connaîtra la seconde date et les λ_E relatives aux valeurs α_S :

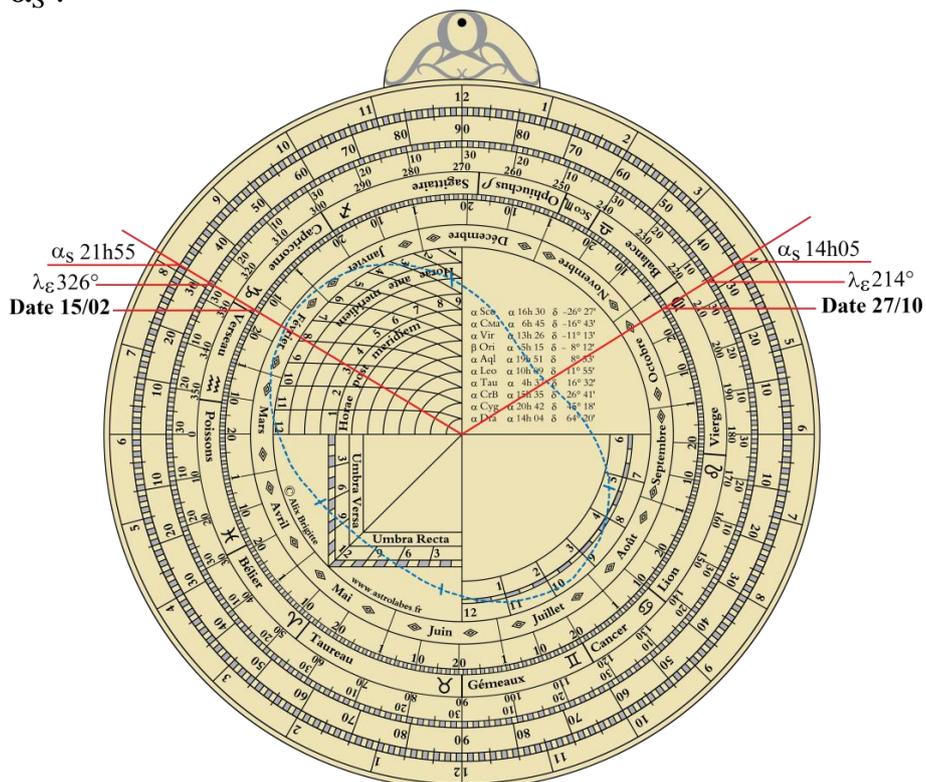


Fig. 28e

Trouver la latitude φ du lieu le 23 juillet, l'amplitude ortive au lever du soleil étant connue, soit -23.5° .

α_S (lecture au dos) : 123° (soit 8h12)

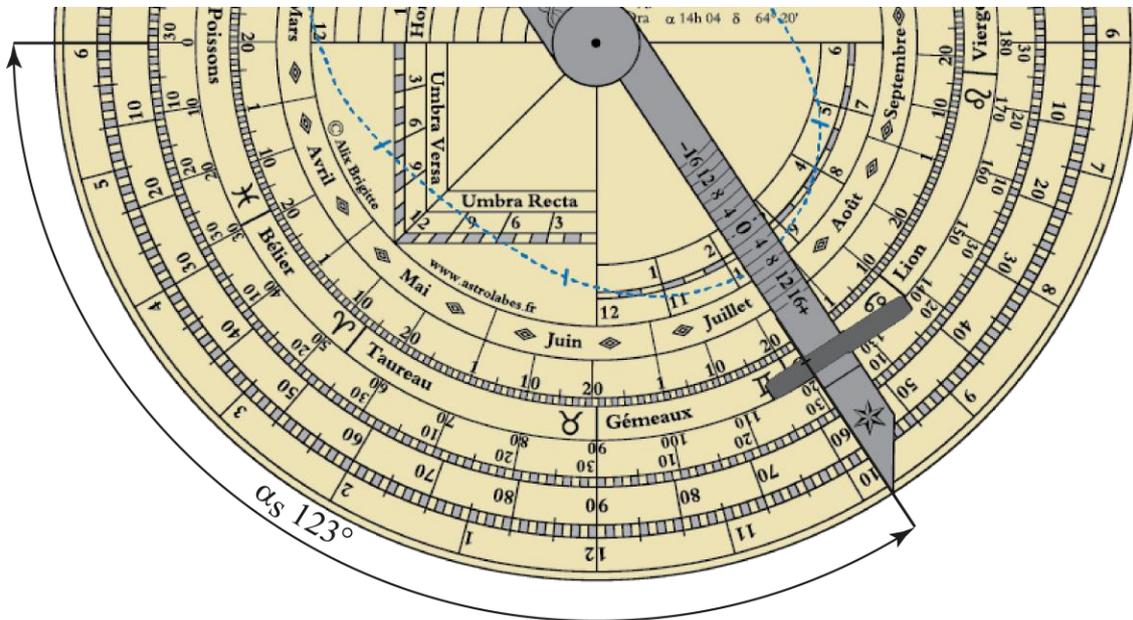


Fig. 29

δ du soleil : parallèle passant par l'intersection écliptique / arc α_S : $+20^\circ$
 Amplitude mesurée au lever du soleil : -23.5° nord-est, azimut -113.5°
 Repérer sur la règle (horizon) 23.5° nord-est.

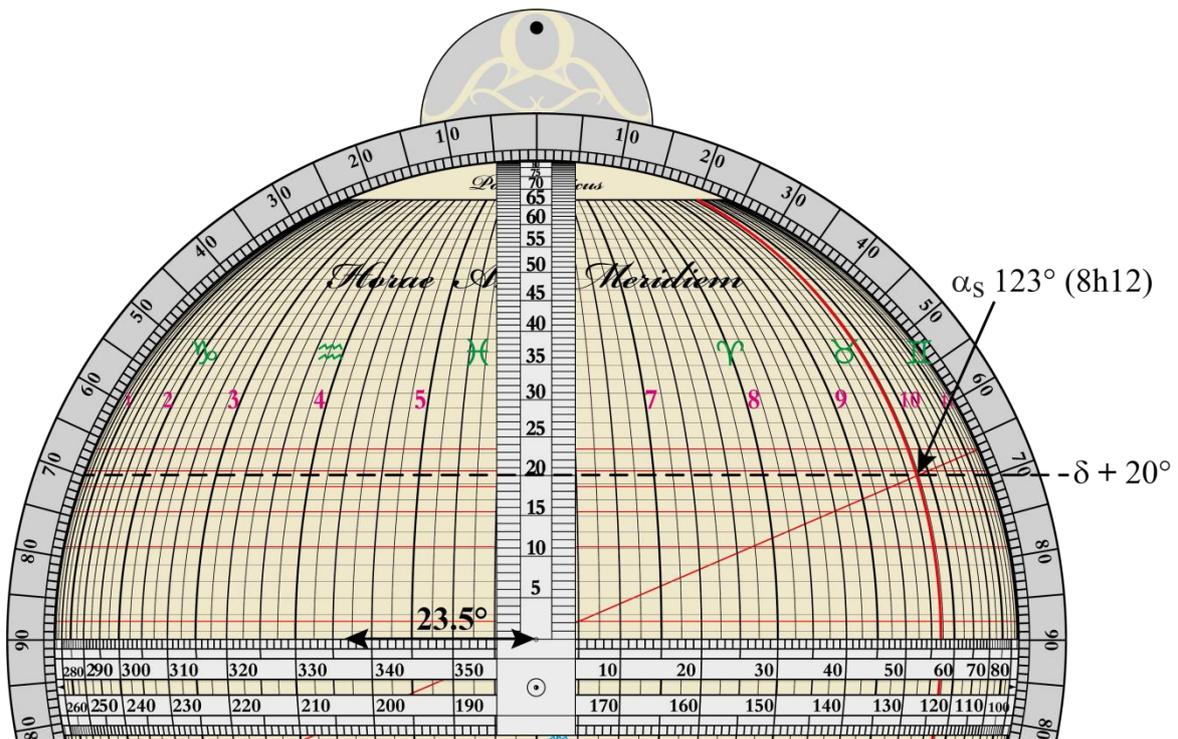


Fig. 30

Pour connaître la latitude φ , pivoter la règle dans le sens horaire jusqu'à intersection de la graduation 23.5° (horizon) avec le parallèle de déclinaison $\delta + 20^\circ$.

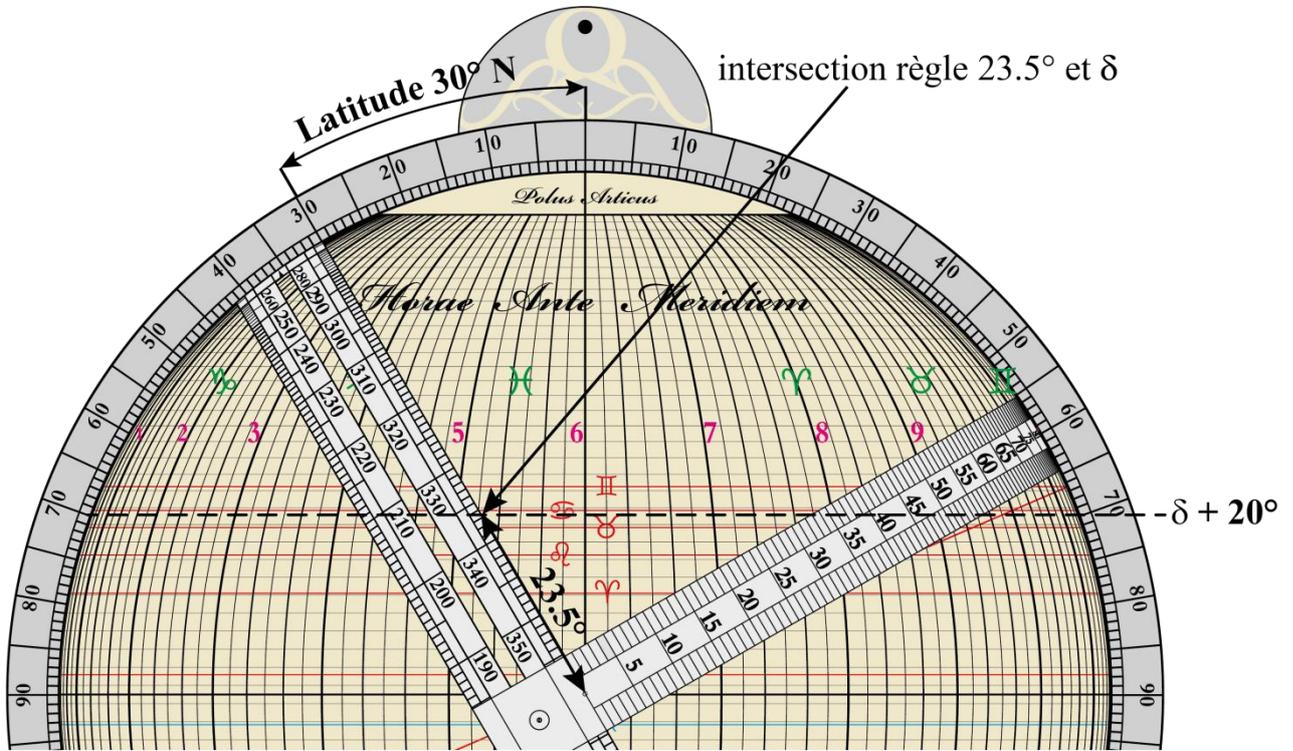


Fig. 30a

$$\varphi = 30^\circ \text{ N.}$$



12) De l'heure solaire à l'heure légale H_L

Cet instrument a été conçu au XVI^e s. pour la lecture de l'heure solaire vraie, heure correspondant à l'angle horaire H du soleil en un lieu donné pour un moment précis, usage qui n'est plus en pratique depuis la fin du XIX^e s.

L'heure pratiquée aujourd'hui appelée "heure légale" est constituée des éléments suivants :

- 1) heure solaire
- 2) équation du temps, décalage entre la durée réelle d'une rotation complète de la terre et la durée moyenne de 24 heures
- 3) correction en longitude (géographique) λ , le méridien de référence étant Greenwich, la correction à appliquer est négative si le lieu géographique se situe à l'est du méridien, et positive si à l'ouest, à raison de 4 minutes de temps par degré de longitude
- 4) correction administrative en vigueur, en France +1h hiver ou + 2h été).

Connaissant la longitude λ du lieu dans lequel on se trouve, la correction se calcule sans difficulté, de même pour l'application de la correction administrative. Pour ce qui est de l'équation du temps, le dos de l'astrolabe du XXI^e s. permet d'en lire la valeur, quelque soit le moment de l'année. (voir p24).

Ex. Paris 14 janvier **matin**

φ 48° 50' N, λ 2° 21' Est soit - 9 m 24 s (arrondi à - 9 minutes)

Lecture de la longitude éclipstique $\lambda_\varepsilon \approx 294^\circ$

et de la déclinaison $\delta \approx -21^\circ 15'$

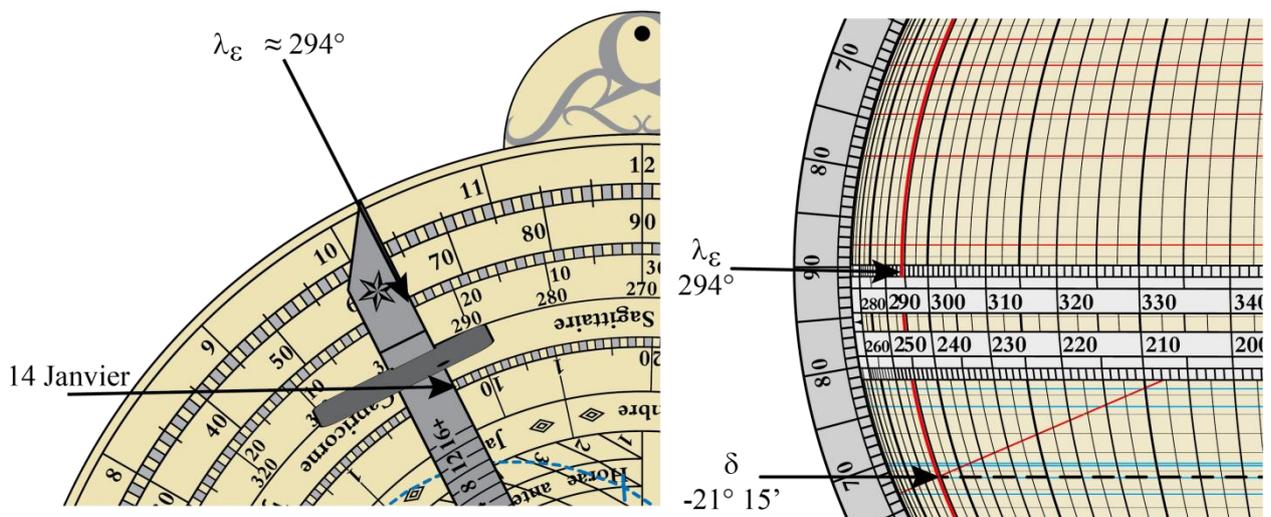


Fig.31

Lecture de la valeur de l'équation du temps,
 intersection alidade/courbe - - - - -

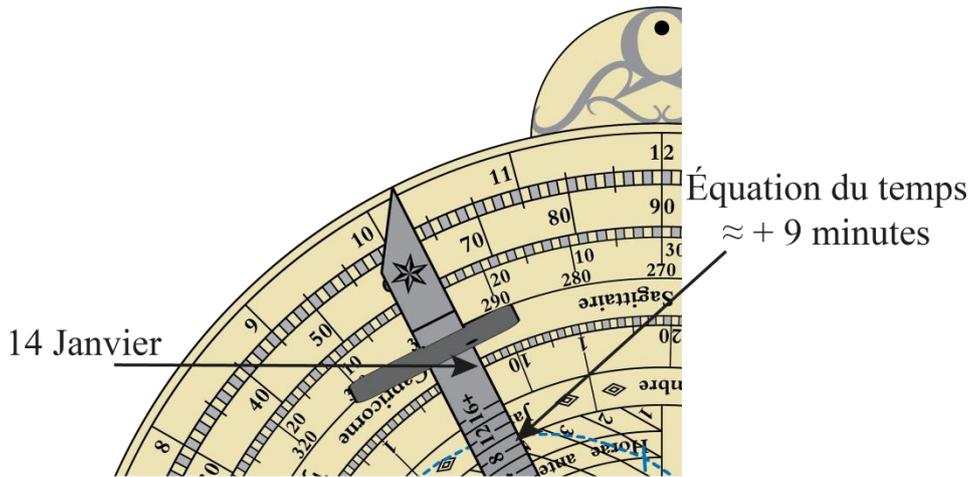


Fig.32

hauteur mesurée du soleil 15° (cf. p32)

pivoter la règle dans le sens horaire pour réglage de la latitude $\phi 48^\circ 50' N$
 amener la graduation 15° du curseur sur le parallèle $\delta -21^\circ 15'$

heure solaire : 10h (cercle horaire défini par l'intersection curseur 15° et $\delta -21^\circ 15'$)

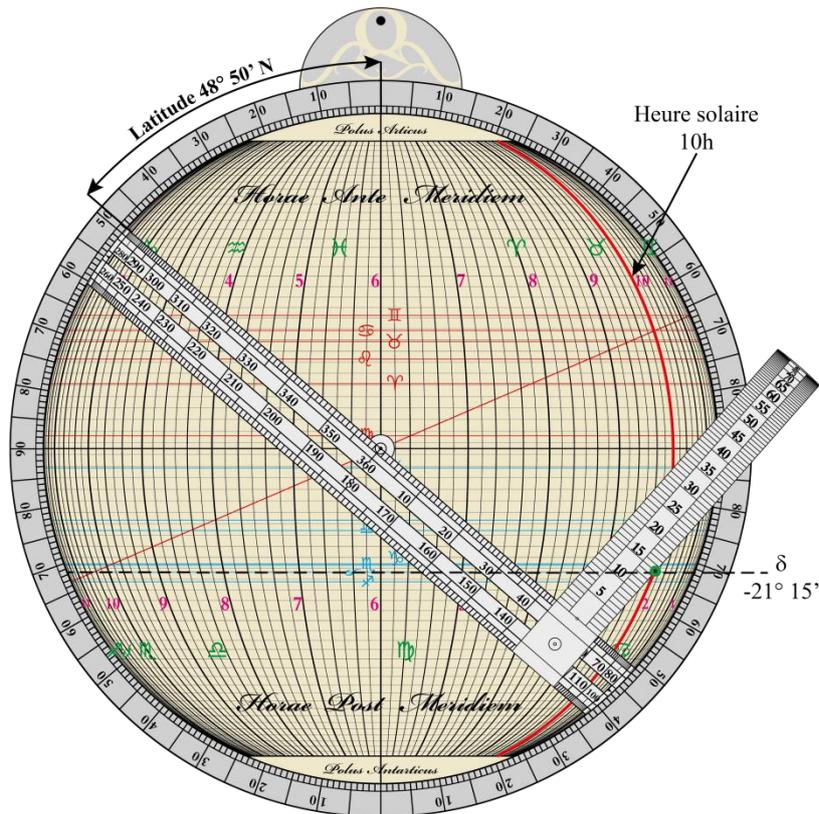


Fig.33

Heure légale = Heure solaire + Equat. Temps + Correction longitude + Heure hiver

$H_L = 10h + 9m - 9m + 1h$

$H_L = 11h$



13) Quelques applications dans l'hémisphère sud.

L'instrument est "universel", c'est à dire conçu pour être utilisé dans les 2 hémisphères.

Afin de procéder aux manipulations permettant de résoudre les applications dans l'hémisphère sud, il faut tout d'abord régler l'instrument.

Rappel : dans l'hémisphère nord, la règle, dont le bord supérieur correspondant à la ligne d'horizon, est positionnée par rotation de la valeur de la colatitude dans le sens horaire de façon à ce que l'angle formé par la ligne d'horizon et la direction du pôle nord corresponde à la valeur de la latitude. La culmination des astres se fait alors sur le méridien Sud.

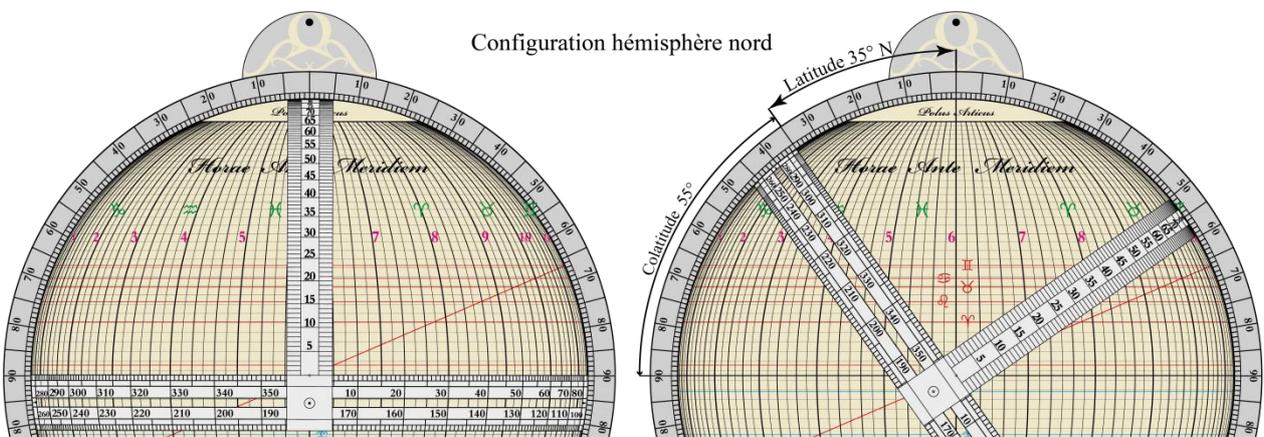


Fig.34

Dans l'hémisphère sud, il faut inverser la position de la règle, rotation à 180°, puis pivoter dans le sens horaire de la valeur de la colatitude afin que l'angle formé par la ligne d'horizon et la direction du pôle sud corresponde à la valeur de la latitude. La **culmination des astres se fait alors sur le méridien Nord**, *les graduations des heures sont inversées, celles du matin deviennent celles de l'après midi et réciproquement.*

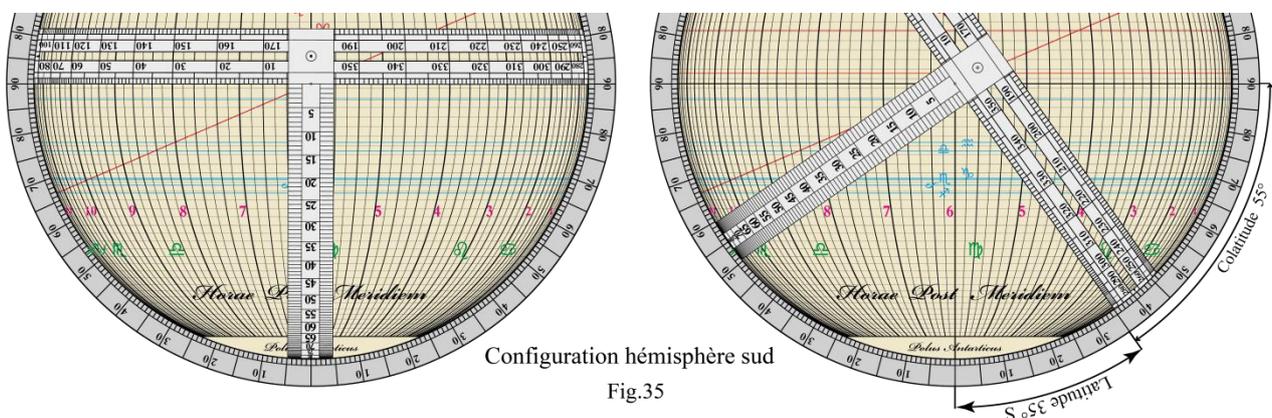


Fig.35

1) Connaissant la date et la latitude φ , repérer le parallèle décrit par le soleil, lire les heures de lever et coucher du soleil et la durée du jour.

φ : $38^{\circ} 30' S$ - Date : 19 août

λ_{g} : 146.5° ; α_{S} : 149° ou 9h56 (informations lues au dos de l'astrolabe).

Positionner la règle selon principes p.56 (Fig. 35).

Repérer le cercle horaire **A** correspondant à 9h56, afin de connaître la valeur de δ , soit $+12^{\circ} 30'$ (cf. p 25) .

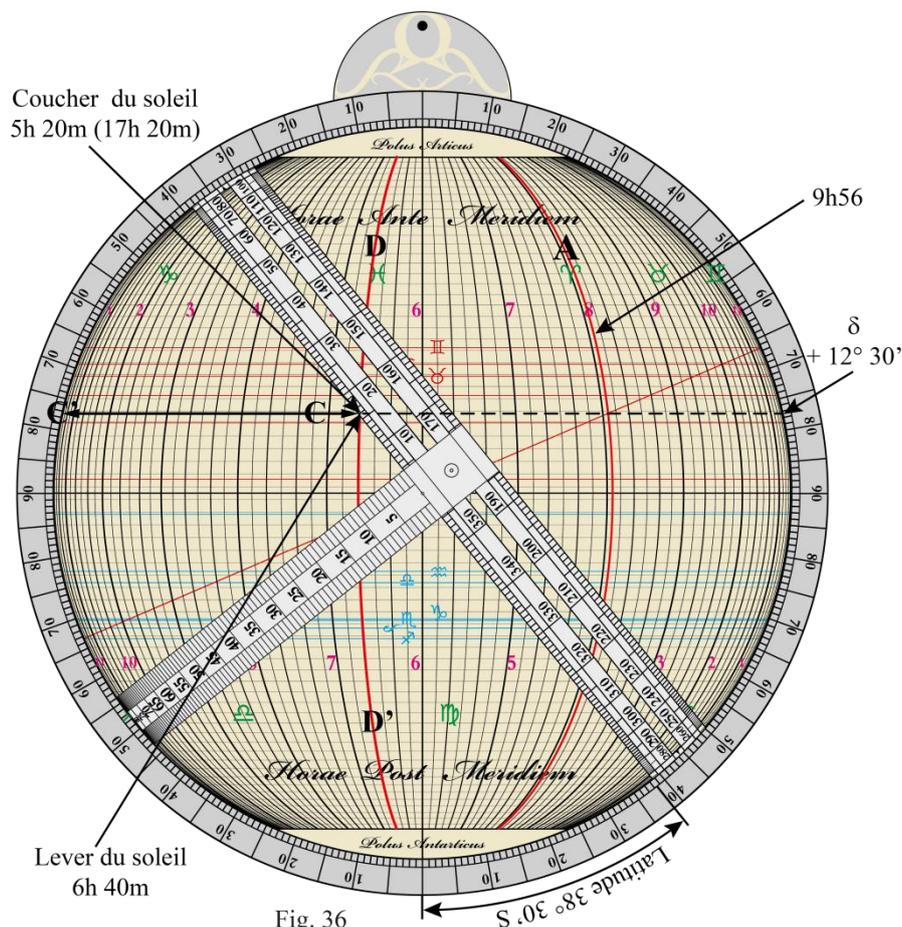
Dans l'hémisphère sud, le soleil culmine au méridien nord. La portion du parallèle comprise entre le bord de la règle **C** qui représente le lever du soleil et le méridien nord **C'** est l'arc décrit par le soleil en 1/2 jour.

Calcul de l'arc diurne :

du point **C** au méridien nord il s'écoule 5h 20m, représentant l'arc semi-diurne.
soit arc diurne : $5\text{h } 20\text{m} \times 2 = 10\text{h } 40\text{m}$.

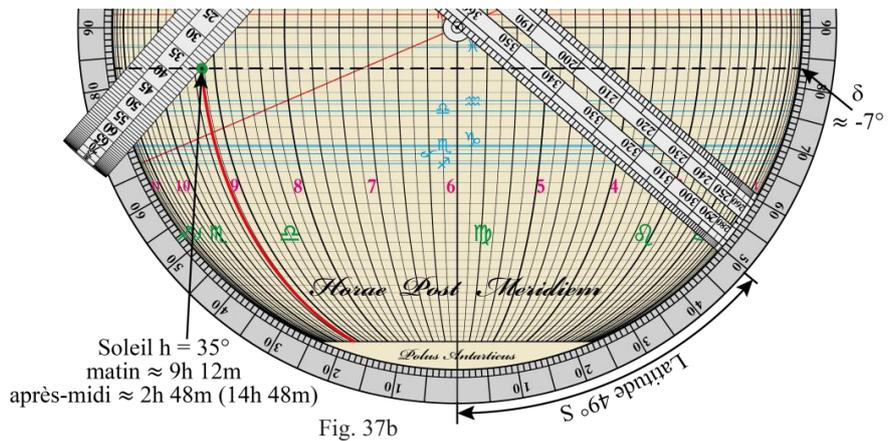
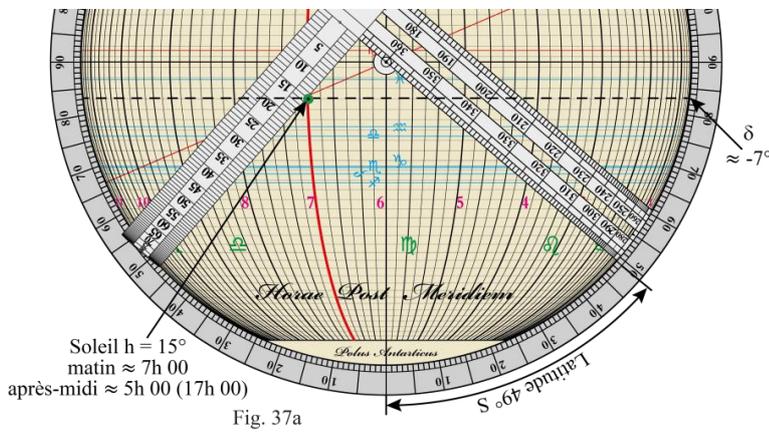
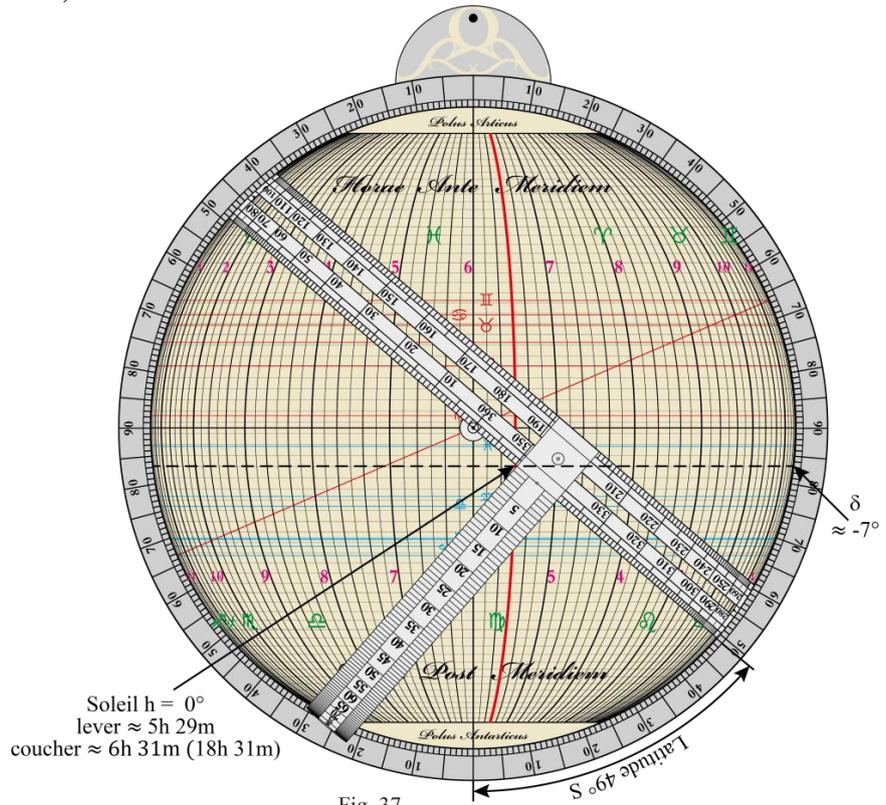
Le cercle horaire **DD'** intercepté par le bord de la règle (horizon) indique les heures de lever et coucher du soleil : (*rappel : les heures du matin se lisent dans la partie inférieure, et les heures de l'après midi dans la partie supérieure*)

Lever 6h 40m / **Coucher** 5h 20m (17h 20m).



2) Lecture de la hauteur du soleil pour tout moment de la journée

10 Octobre, latitude φ 49 S, $\delta \approx -7^\circ$.



3) Lire les heures des crépuscules, civil, nautique, astronomique.

10 Octobre, latitude φ 49 S, $\delta \approx -7^\circ$.

On applique les mêmes règles qu'au chapitre 9 p.45/46

la règle étant déjà sur la latitude de 49° S la tourner de 180° dans le sens direct ou indirect afin que le curseur se situe sous la ligne d'horizon.

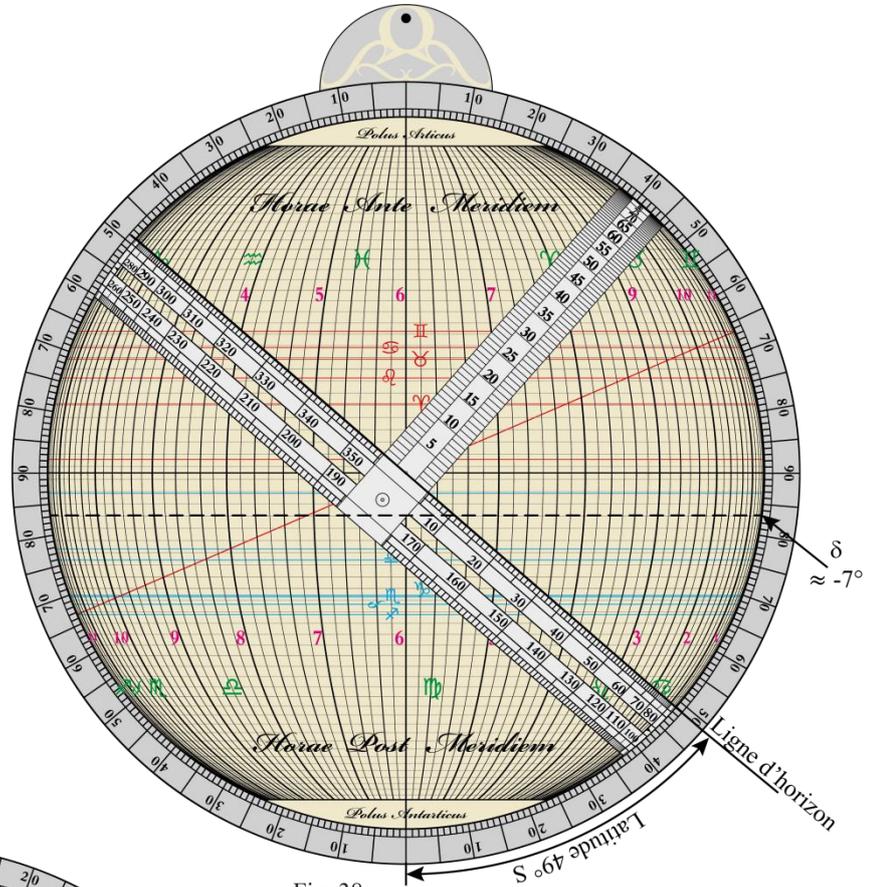


Fig. 38

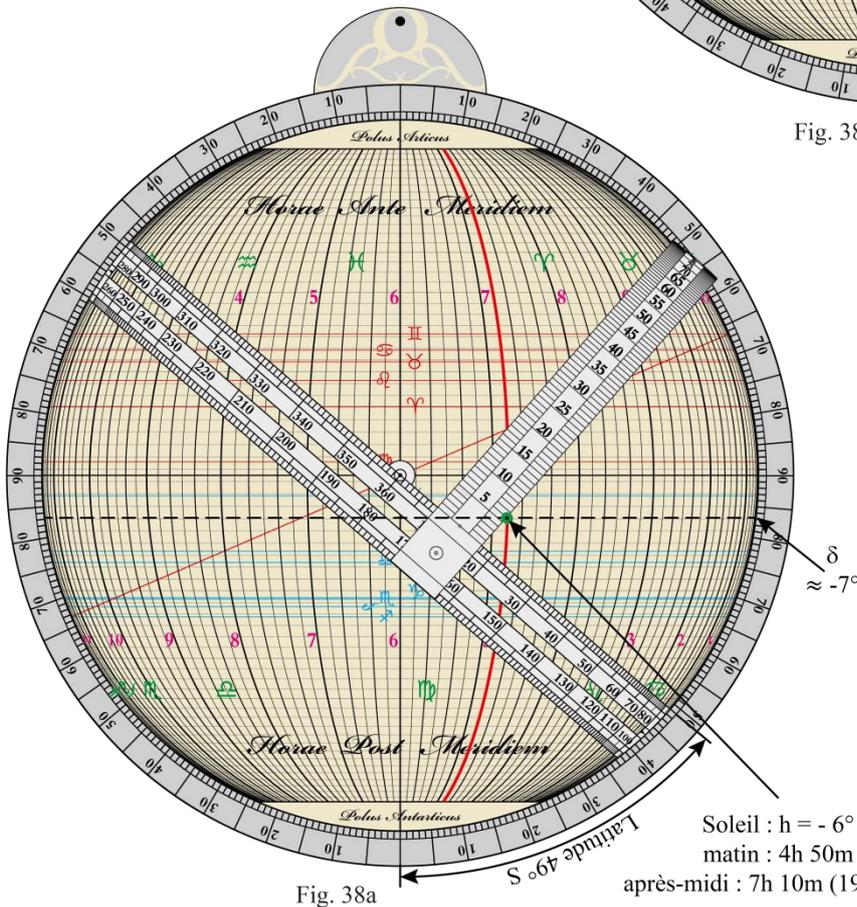
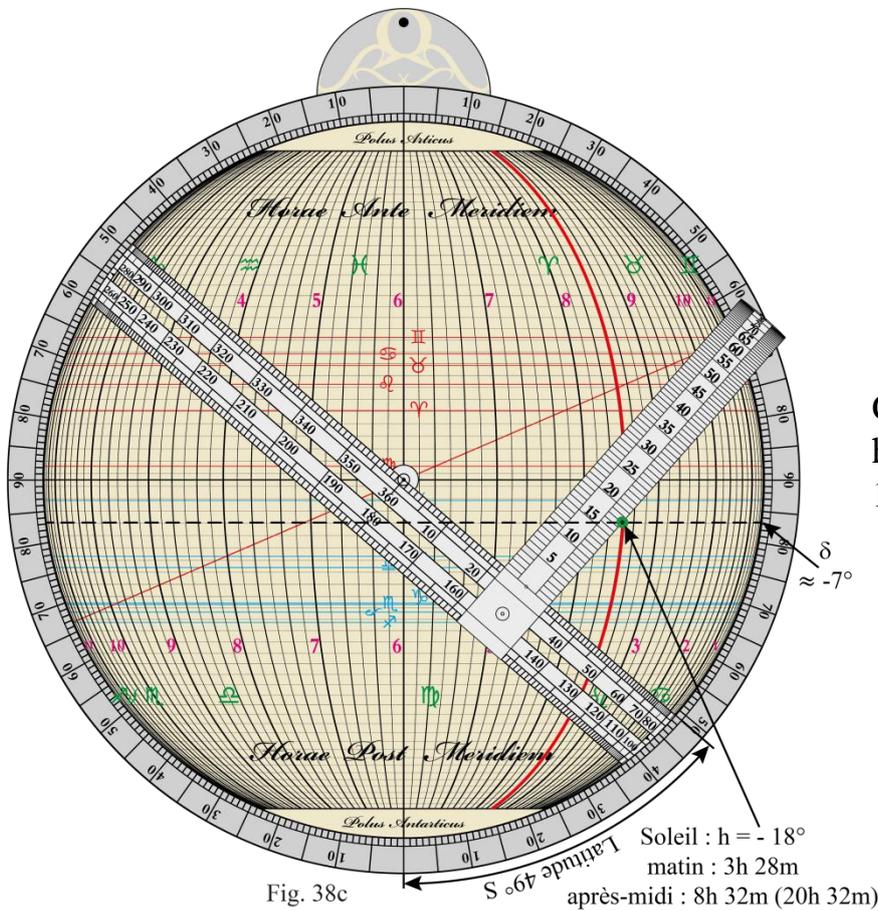
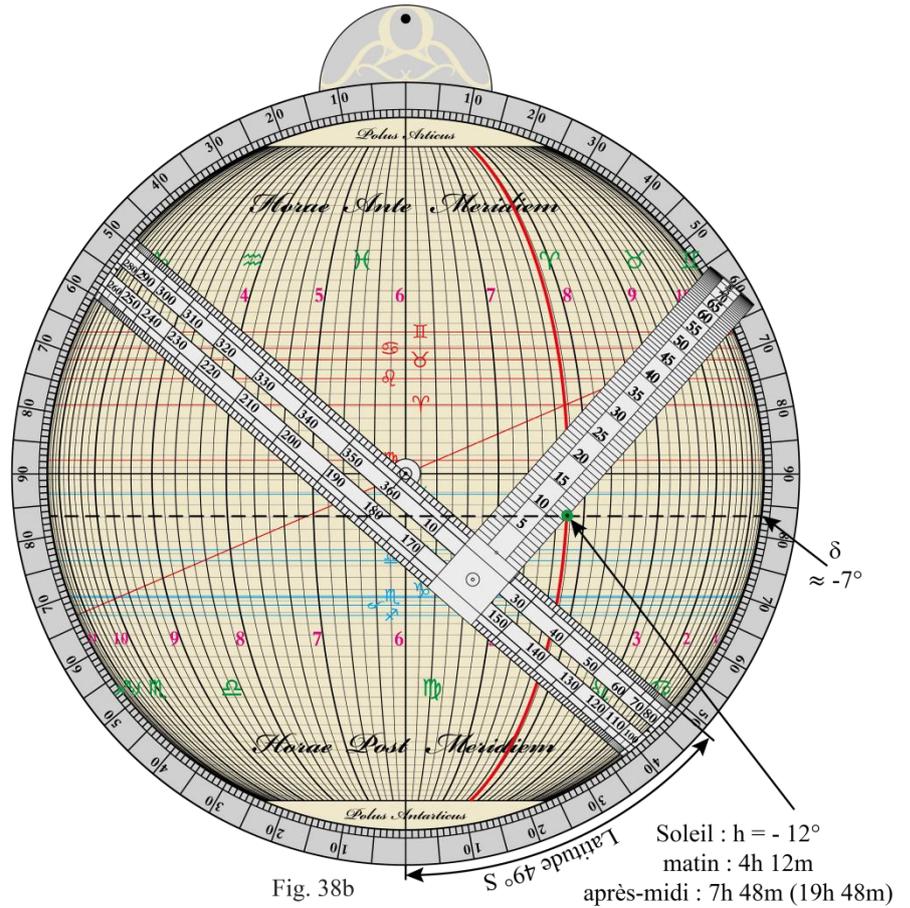


Fig. 38a

Crépuscule civil :
hauteur du soleil
 6° sous l'horizon

Soleil : $h = -6^\circ$
matin : 4h 50m
après-midi : 7h 10m (19h 10m)

Crépuscule nautique :
hauteur du soleil
12° sous l'horizon

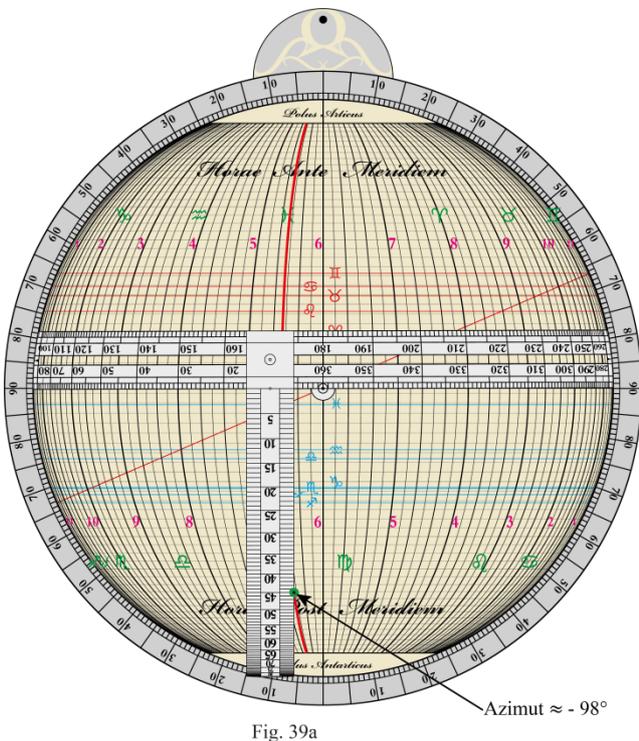
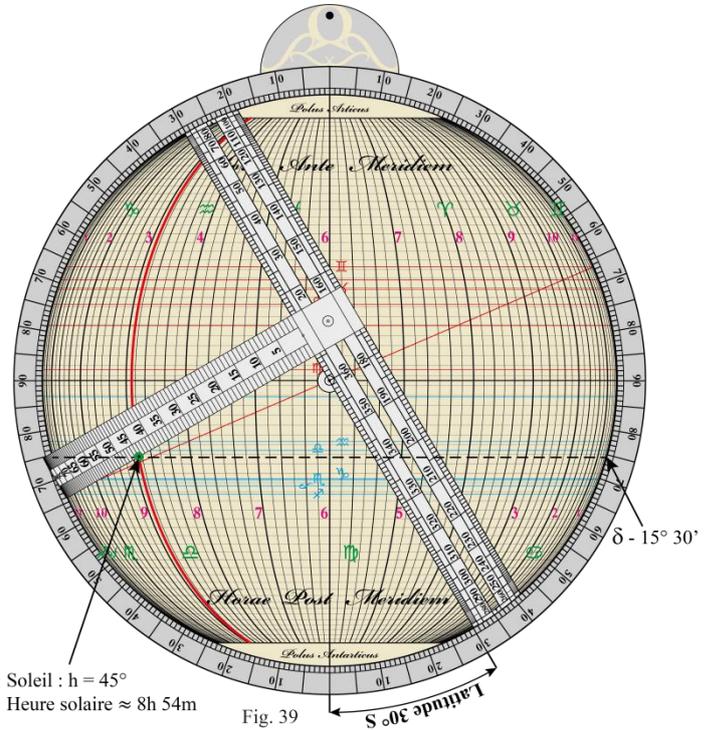


4) Après mesure de la hauteur du soleil lire heure solaire et azimut A .

φ 30° S ; 04 Novembre **matin** ; δ $-15^{\circ} 30'$

Hauteur mesurée selon méthode p32 : 45°

a) réglage de l'instrument en latitude pour lecture de l'heure en fonction de la hauteur du soleil



b) lecture de l'azimut après réglage de l'instrument :
 $A \approx - 98^{\circ}$



14) Configurations particulières dans les 2 hémisphères

A) Hémisphère nord

Préambule :

tout astre dont $\delta \geq \overline{\varphi}$ n'a ni lever ni coucher, il est circumpolaire

tout astre dont $\delta \leq -\overline{\varphi}$ est invisible

tout astre dont $-\overline{\varphi} \leq \delta \leq \overline{\varphi}$ a un lever et un coucher

tout astre dont $\delta = \varphi$ passe au zénith du lieu

calcul de la hauteur du passage supérieur d'un astre au méridien (sud)

$$H_{\text{sup}} = \delta + \overline{\varphi}$$

Pôle nord : latitude 90° N

l'étoile polaire, très proche de l'axe de rotation de la terre (0° 45') se trouve quasiment au zénith

l'horizon (bord supérieur de la règle) se confond avec l'équateur

tous les astres dont $0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$ sont circumpolaires, ils n'ont ni lever ni coucher, toujours visibles, et leur parcours sont des cercles parallèles à l'horizon, ou confondu avec l'horizon si $\delta = 0^\circ$.

Pour $\delta < 0^\circ$, aucun astre visible, y compris pour le soleil, visible uniquement de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne.

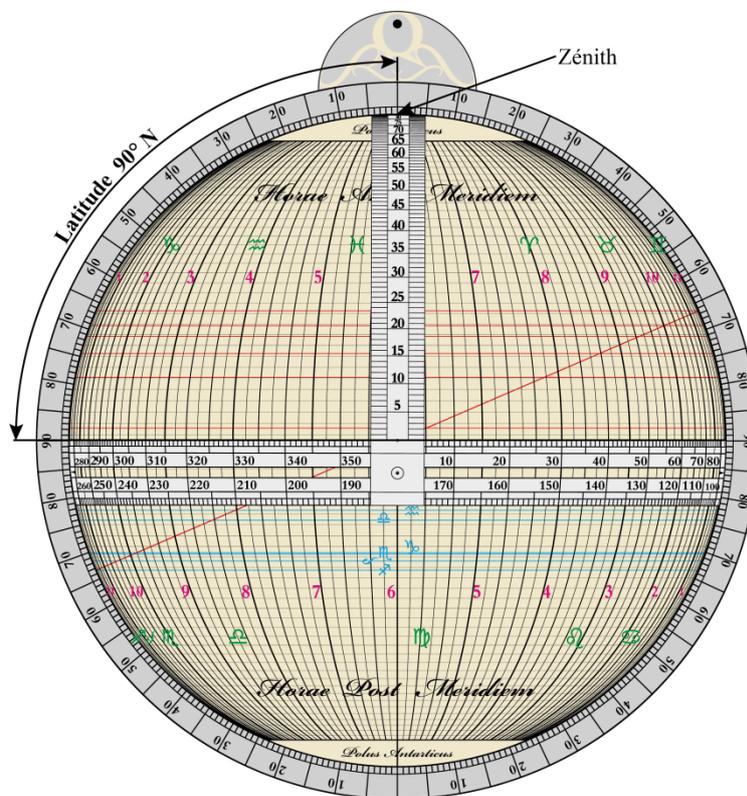


Fig. 40

Cercle arctique : latitude 66° 34' N

Le jour du solstice d'été (≈ 21 juin) déclinaison du soleil $\delta + 23^\circ 26'$,
 $\overline{\varphi} = 23^\circ 26'$ ($90^\circ - 66^\circ 34'$) et $\delta = \overline{\varphi}$
 $H_{\text{sup}} = \delta + \overline{\varphi} = 46^\circ 52'$

le soleil n'a ni lever ni coucher,
 de même que les étoiles
 dont $\delta \geq +23^\circ 26'$

Le jour du solstice d'hiver
 (≈ 21 décembre) le soleil
 ne se lève pas.
 déclinaison du soleil $\delta - 23^\circ 26'$

$$H_{\text{sup}} = \delta + \overline{\varphi} = 0$$

Les étoiles dont $\delta \leq -23^\circ 26'$ seront
 invisibles, ni lever ni coucher.

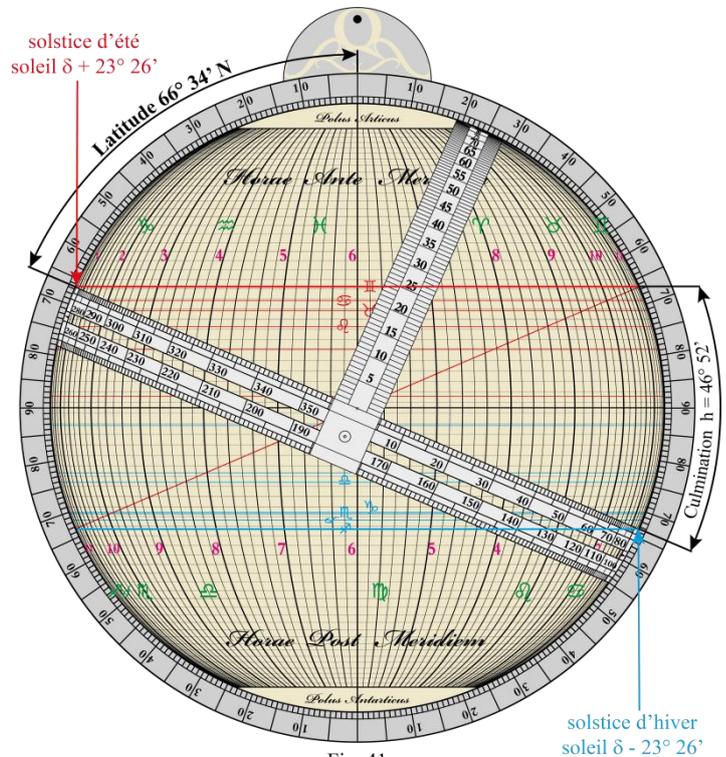


Fig. 41

Tropique du Cancer : latitude 23° 26' N

Le jour du solstice d'été, lors de son
 passage au méridien sud, le soleil
 est à la verticale du lieu, le zénith.
 Hauteur au dessus de l'horizon 90°

Vérification avec la formule
 de calcul de la hauteur du soleil
 lors de son passage supérieur
 au méridien :

$$H_{\text{sup}} = \delta + \overline{\varphi} ,$$

avec $\delta + 23^\circ 26'$ et $\overline{\varphi} + 66^\circ 34'$
 soit $+90^\circ$.

Les étoiles dont $\delta \leq -\overline{\varphi}$ soit $-66^\circ 34'$
 sont invisibles

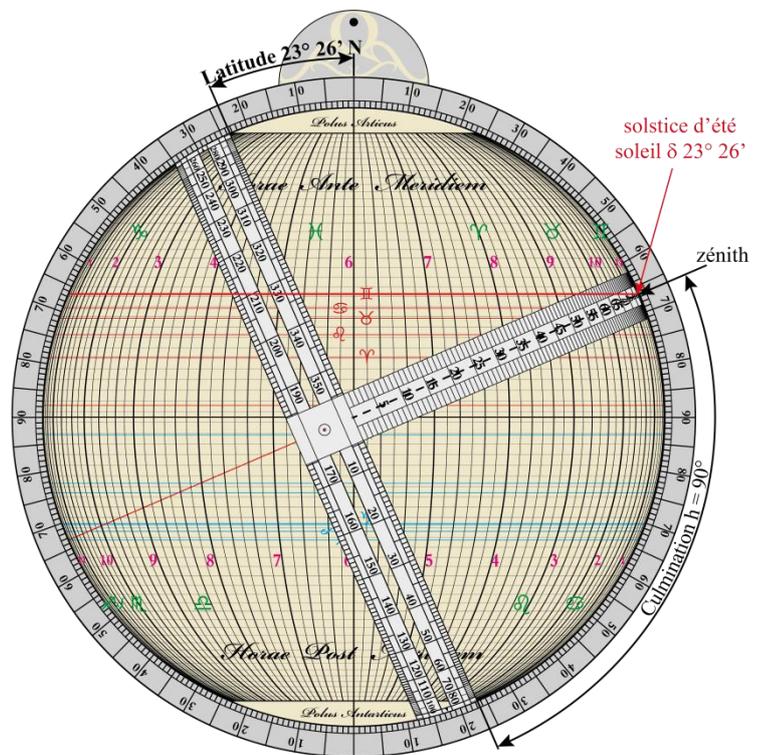


Fig. 42

Equateur : latitude 0°

L'horizon se confond avec l'axe des pôles.

Contrairement au pôle nord ($\varphi 90^\circ$ N) où seules les étoiles de l'hémisphère nord sont visibles, à l'équateur on peut observer l'ensemble des astres des 2 hémisphères.

L'étoile polaire se trouve sur l'horizon.

Le soleil, quelle que soit sa déclinaison δ se lève en franchissant la ligne d'horizon vers 6h et se couche vers 18h (heures solaires).

Aux équinoxes, quand δ vaut 0° , le soleil passe par le zénith du lieu.

$H_{\text{sup}} = \delta + \overline{\varphi}$, ($\delta 0^\circ$ et $\overline{\varphi} + 90^\circ$) soit $+ 90^\circ$.

On notera que le jour du solstice d'été le soleil culmine au nord de l'équateur, et le jour du solstice d'hiver il culmine au sud de l'équateur.

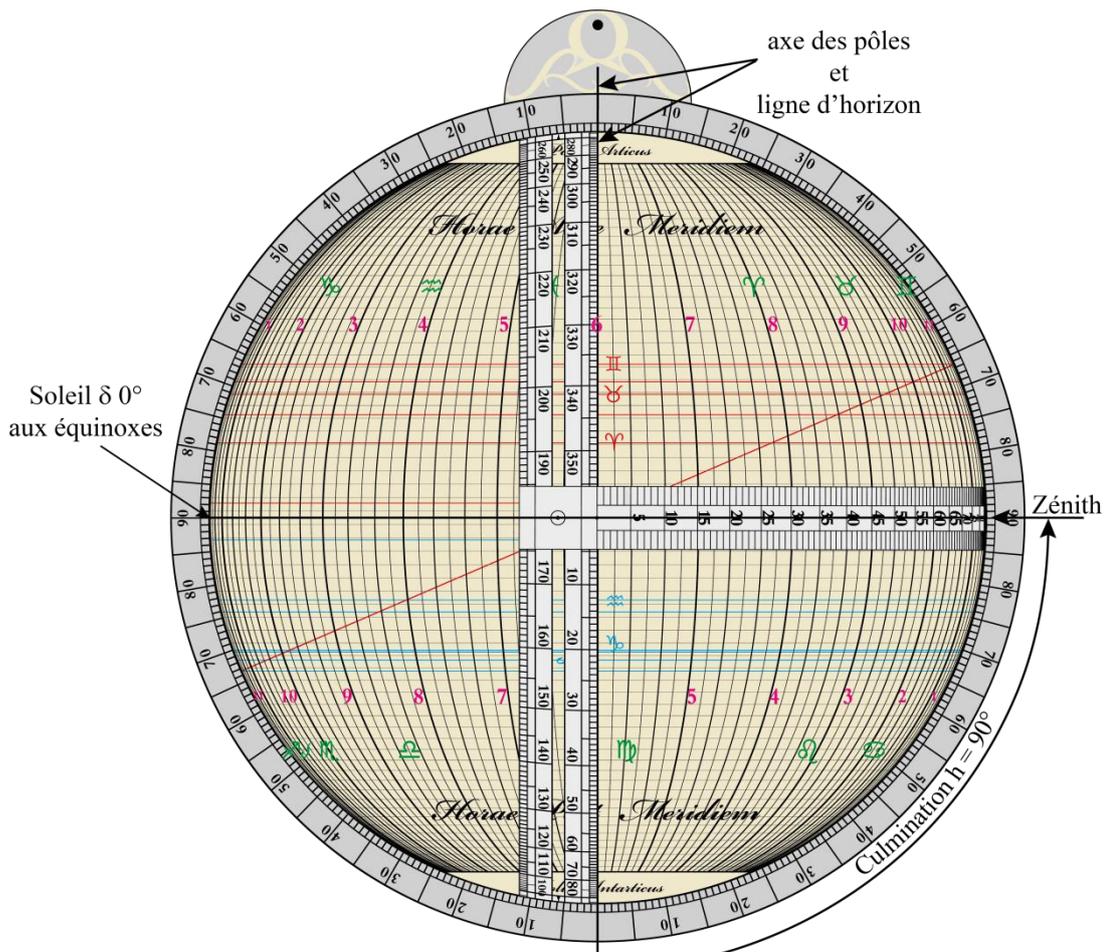


Fig. 43

B) Hémisphère sud

Préambule :

rappel : lever du soleil vers l'est, culmination au nord, coucher du soleil vers l'ouest.

tout astre dont $\delta \leq \bar{\varphi}$ n'a ni lever ni coucher, il est circumpolaire

tout astre dont $\delta \geq -\bar{\varphi}$ est invisible

tout astre dont $\bar{\varphi} \leq \delta \leq -\bar{\varphi}$ a un lever et un coucher

tout astre dont $\delta = \varphi$ passe au zénith du lieu

calcul de la hauteur du passage supérieur d'un astre au méridien (nord)

$$H_{\text{sup}} = -(\delta + \bar{\varphi})$$

Pôle sud : latitude 90° S (-90°)

Contrairement au pôle nord, il n'y a pas d'étoile proche de l'axe de rotation de la terre, donc pas d'étoile polaire sud au zénith.

L'horizon se confond avec l'équateur, tous les astres dont $-90^\circ \leq \delta \leq 0^\circ$ sont circumpolaires, ils n'ont ni lever ni coucher, donc seules les étoiles de l'hémisphère sud sont visibles, et leur parcours sont des cercles parallèles à l'horizon, ou confondu avec l'horizon si $\delta = 0^\circ$.

Le soleil ne sera visible que pour δ compris entre 0° et $-23^\circ 26'$

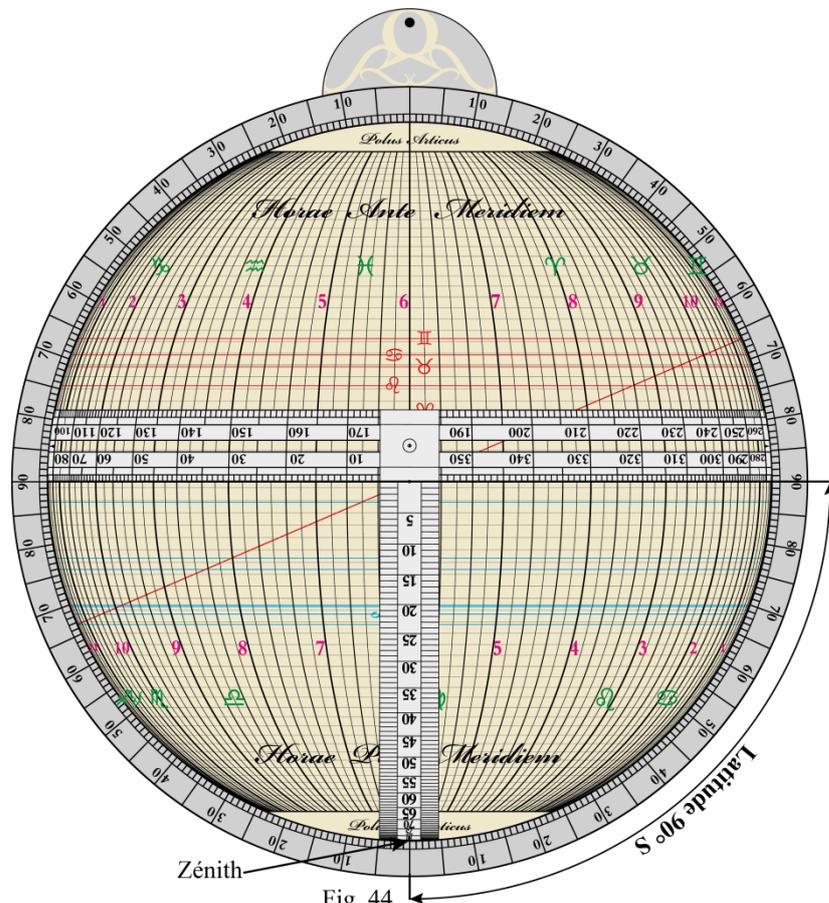
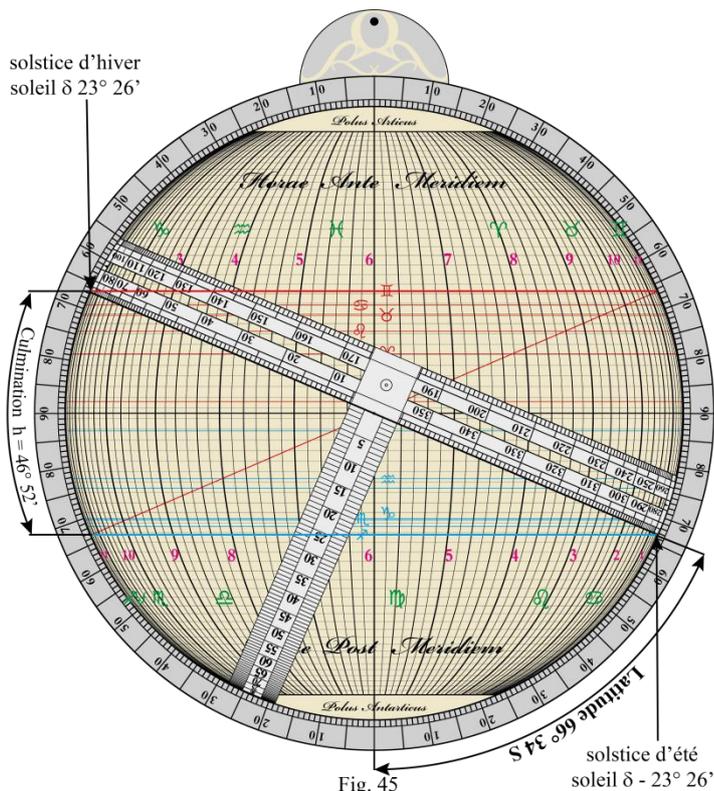


Fig. 44

Cercle antarctique : latitude $66^{\circ} 34' S$ ($-66^{\circ} 34'$)



le jour du solstice d'hiver
(≈ 21 juin dans l'hémisphère sud)
le soleil ne se lève pas, ,
la hauteur de son passage
au méridien nord (passage
supérieur) est nulle :

$$H_{\text{sup}} = (\delta + \overline{\varphi}) = 0^{\circ}$$

le jour du solstice d'été
(≈ 21 décembre dans l'hémisphère
sud) le soleil ne se couche pas,
il est circumpolaire : $\delta \leq \overline{\varphi}$.

$$H_{\text{sup}} = -(\delta + \overline{\varphi}) = 46^{\circ} 52'$$

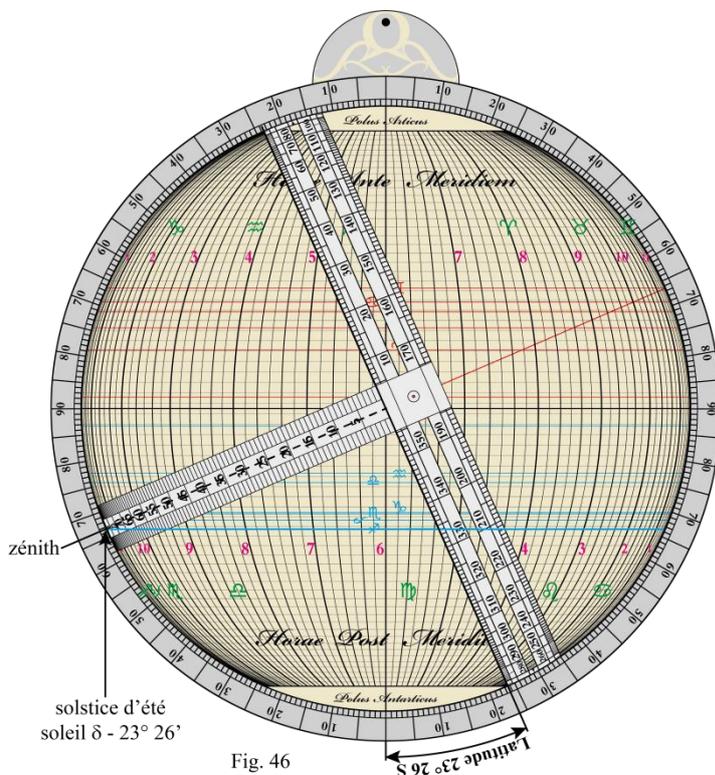
Tropique du Capricorne : latitude $23^{\circ} 26' S$ ($-23^{\circ} 26'$)

Le jour du solstice d'été, \approx le 21
décembre dans l'hémisphère sud,
le soleil passe à la verticale du lieu,
le zénith.

Vérification avec la formule
de calcul de la hauteur du soleil lors
de son passage au méridien nord :

$$H_{\text{sup}} = -(\delta + \overline{\varphi}) = 90^{\circ}$$

avec $\delta - 23^{\circ} 26'$ et $\overline{\varphi} - 66^{\circ} 34'$.



IV Usages avec les étoiles

1) Déterminer en fonction de la latitude φ les étoiles observables.

- étoiles qui ont un lever et un coucher
- étoiles qui ne se couchent jamais (circumpolaires)

Ex.1 : $\varphi 50^\circ$ N

a) pour les étoiles ayant un lever et un coucher, δ correspond à : $-\bar{\varphi} \leq \delta \leq \bar{\varphi}$ soit dans cet exemple $-40^\circ \leq \delta \leq 40^\circ$. Leur culmination est au méridien sud

b) la déclinaison δ des étoiles circumpolaires correspond à $\delta \geq \bar{\varphi}$ soit $\delta \geq 40^\circ$

c) les étoiles dont $\delta = \varphi$ passent au zénith du lieu

nb : toutes les étoiles dont $\delta < -\bar{\varphi}$, soit $\delta < -40^\circ$, sont invisibles à cette latitude.

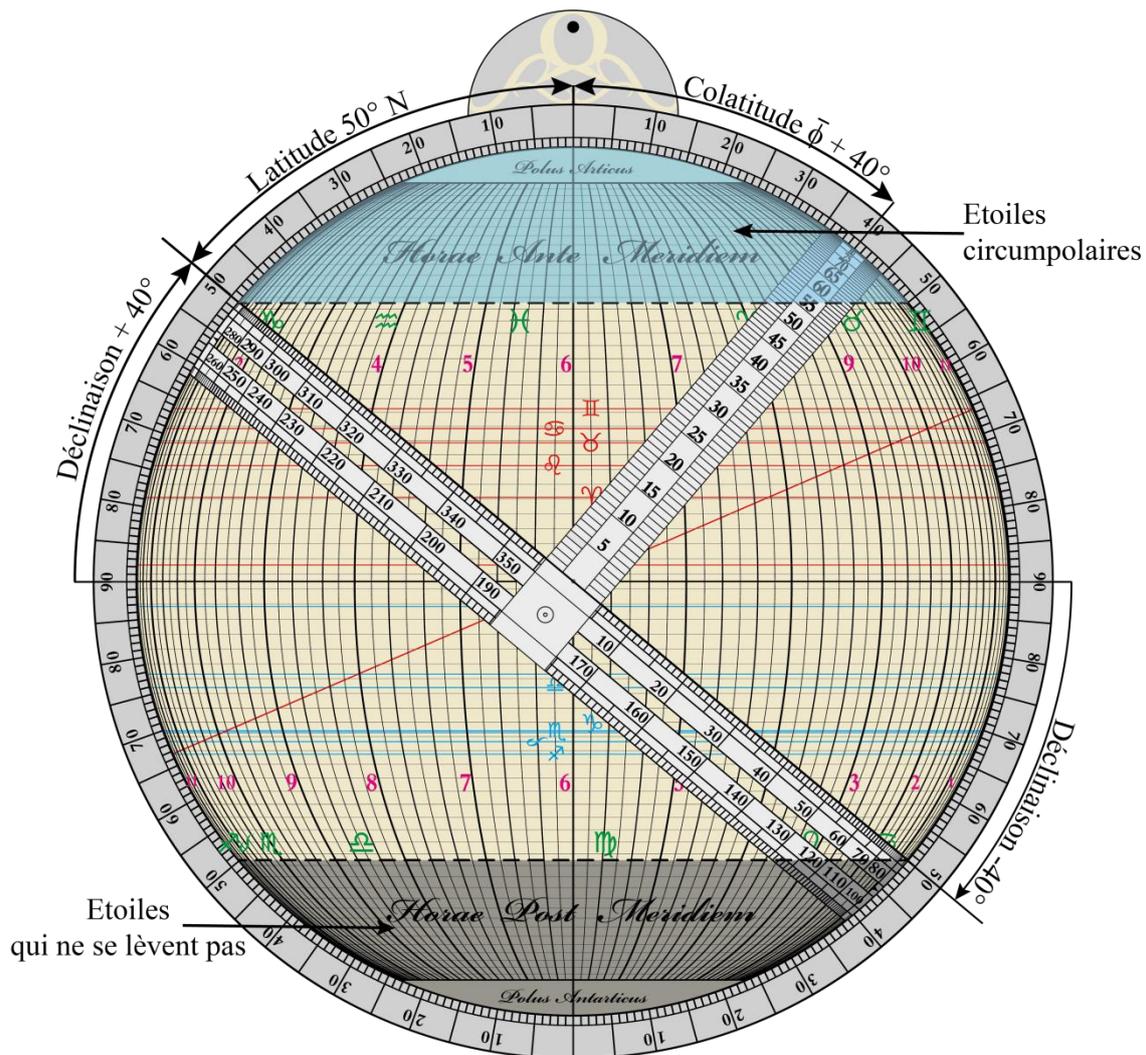


Fig. 47

Ex.2 : $\varphi 30^\circ$ S

- a) pour les étoiles ayant un lever et un coucher, δ correspond à : $\overline{\varphi} \leq \delta \leq -\overline{\varphi}$ soit dans cet exemple $-60^\circ \geq \delta \geq 60^\circ$; leur culmination est au méridien nord
- b) la déclinaison δ des étoiles circumpolaires correspond à $\delta \leq \overline{\varphi}$ soit ici $\delta \leq -60^\circ$
- c) les étoiles dont $\delta = \varphi$ passent au zénith du lieu.

n.b : toutes les étoiles dont $\delta \geq -\overline{\varphi}$, soit $\delta \geq 60^\circ$, sont invisibles à cette latitude

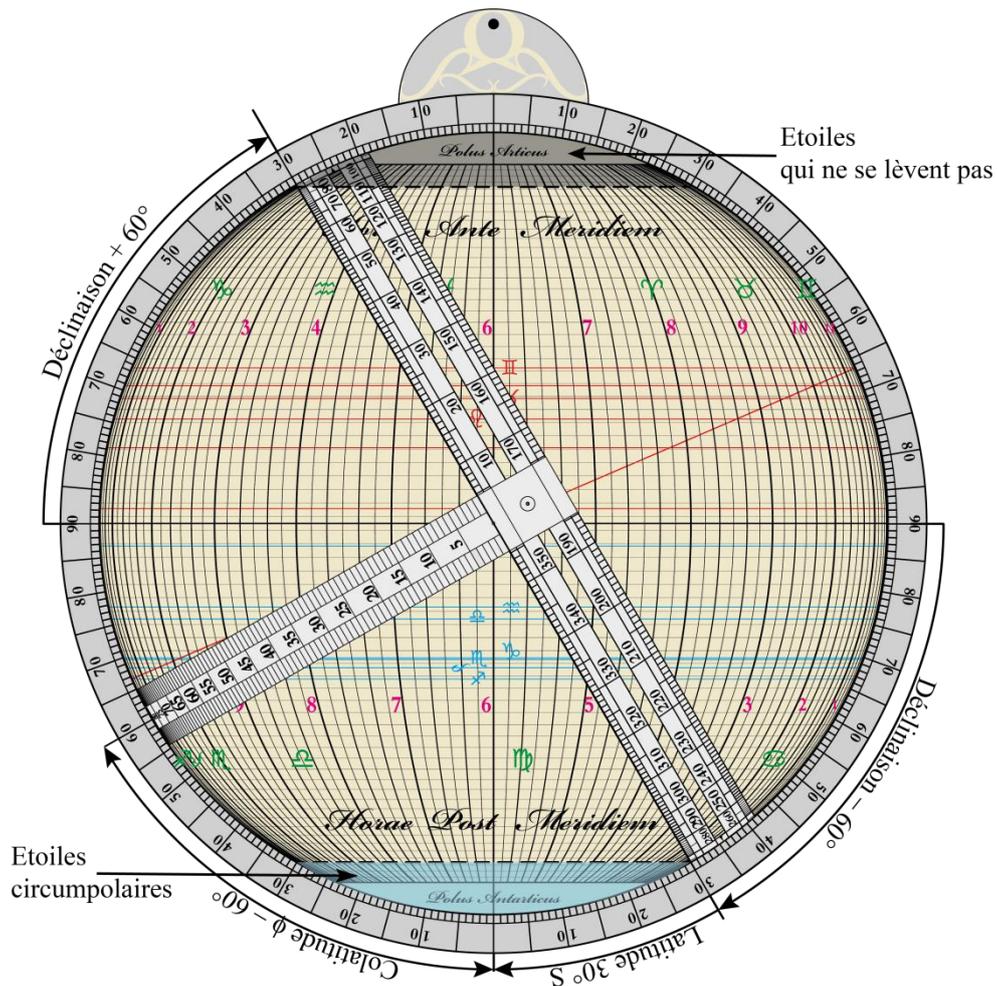


Fig. 48



2) Connaissant la latitude φ trouver la déclinaison δ d'une étoile.

Pour résoudre ce problème il faut au préalable mesurer la hauteur de l'étoile lors de son passage supérieur au méridien, sud hémisphère nord et nord hémisphère sud.

Il s'agit ici des étoiles ayant un lever et un coucher.

La mesure devra être faite en visant l'étoile par les trous des pinnules de l'alidade située au dos de l'instrument.

Exemple de visée :

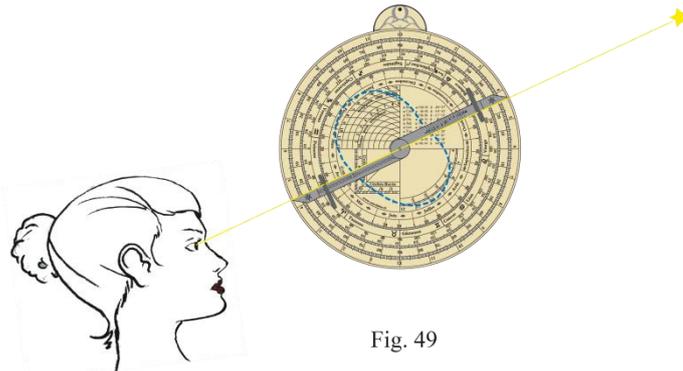


Fig. 49

Hémisphère nord : φ 35° N

a) mesurer la hauteur de α Oph (Rasalhague)
à son passage au méridien sud : $h_{\text{sup}} \approx 67^\circ 30'$

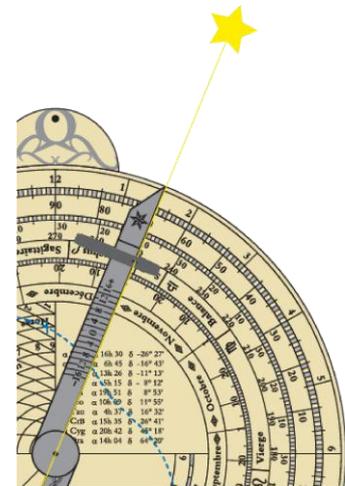


Fig. 49a

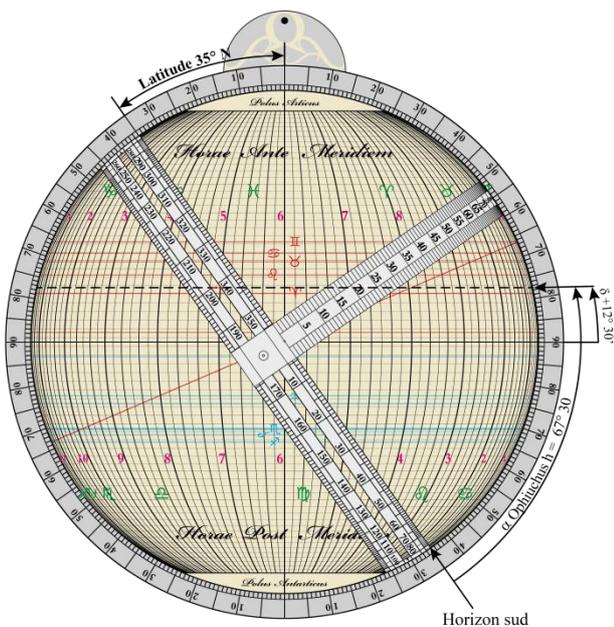


Fig.50

b) amener la règle de la face avant à la latitude de 35°N et compter depuis l'horizon sud 67° 30' de hauteur sur le méridien sud
c) lire sur la graduation du limbe la valeur de l'intersection hauteur et échelle des δ , soit +12° 30' correspondant à δ de α Ophiuchus.

On peut également procéder par calcul : $\delta = h_{\text{sup}} - \overline{\varphi}$

Hémisphère sud : φ 48° S

a) mesurer la hauteur de α PsA (Fomalhaut)

à son passage au méridien nord :

$h_{sup} \approx 71^\circ 30'$

b) amener la règle de la face avant

à la latitude de 48°S et compter

depuis l'horizon nord 71° 30'

de hauteur sur le méridien nord

c) lire sur la graduation du limbe

la valeur à l'intersection hauteur/échelle

des δ , soit - 29° 30'

à δ de α PsA.

et par calcul : $\delta = \overline{\varphi} - h_{sup}$

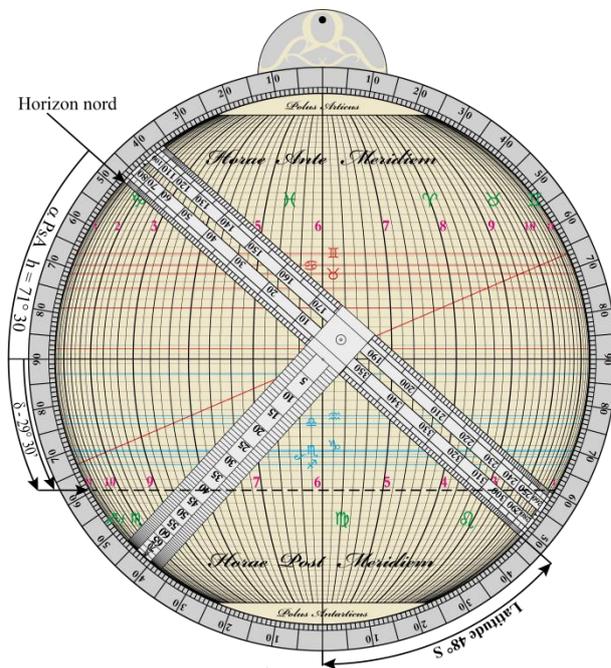


Fig.51

Cas particulier : passage d'une étoile au zénith

Les étoiles dont $\delta = \varphi$ passent au zénith

dans l'hémisphère nord, α Oph

δ 12° 30' passe au zénith à φ 12° 30' N

dans l'hémisphère sud, α PsA

δ - 29° 30' passe au zénith à φ 29° 30' S

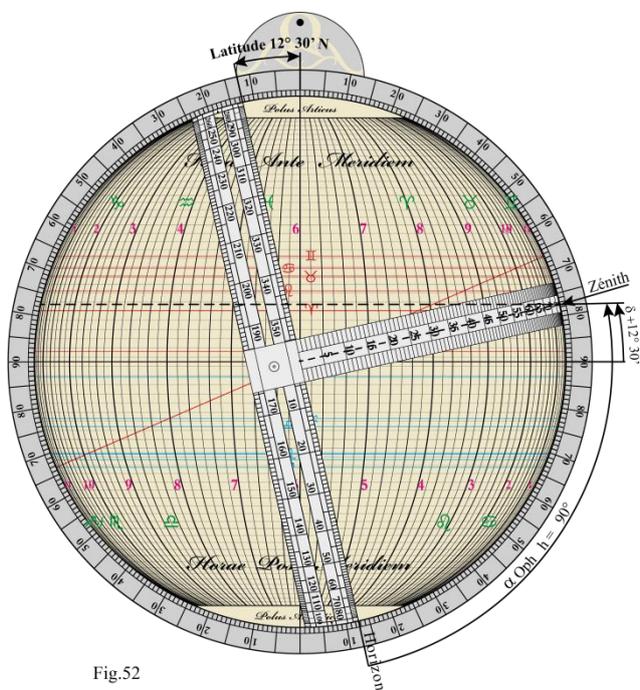


Fig.52

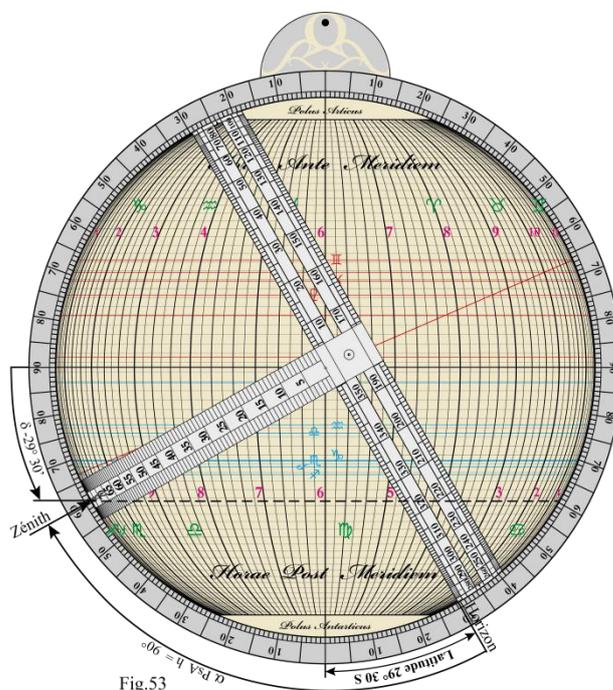


Fig.53

$$\delta = h_{sup} - \overline{\varphi}$$

$$\delta = 90 - 77^\circ 30' = 12^\circ 30'$$

$$\delta = \overline{\varphi} - h_{sup}$$

$$\delta = 60^\circ 30' - 90^\circ = -29^\circ 30'$$

Étoiles circumpolaires.

Rappel : une étoile est circumpolaire si $\delta \geq \overline{\varphi}$ HN ou $\delta \leq \overline{\varphi}$ HS

Contrairement aux étoiles ayant un lever et un coucher pour lesquelles seule la culmination supérieure est visible, les culminations *inférieure et supérieure* des étoiles circumpolaires sont visibles au dessus de l'horizon.

Les étoiles circumpolaires passent au zénith si $\delta = \varphi$ avec $45 \leq \varphi \leq 90$

Culmination inférieure

Latitude 50° N

a) mesurer la hauteur de β Ursa Major à son passage au méridien nord :

$$h_{\text{inf}} \approx 16^\circ 20'$$

b) amener la règle de la face avant à la latitude de 50° N et compter depuis l'horizon nord $16^\circ 20'$ de hauteur sur le méridien nord

c) lire sur la graduation du limbe la valeur de l'intersection hauteur / échelle δ , soit $\approx +56^\circ 20'$, δ de β Ursa Major.

On peut également procéder par calcul :

$$\delta = \overline{\varphi} + h_{\text{inf}}$$

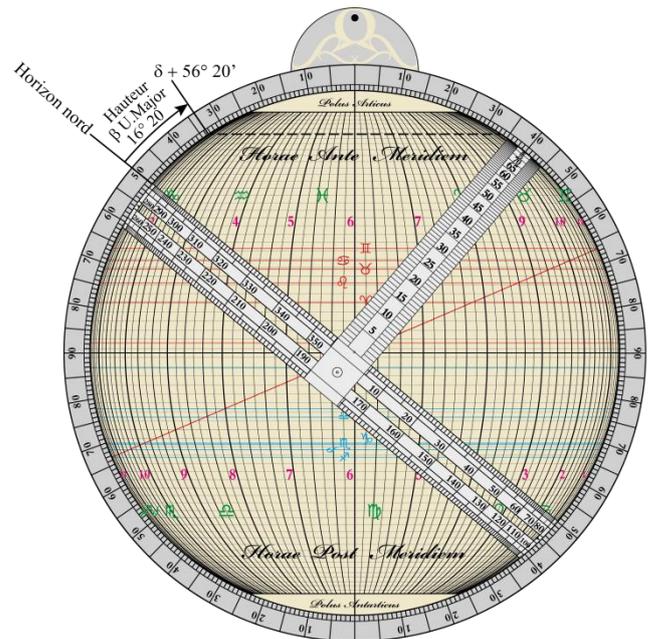


Fig. 54

Culmination entre le pôle nord céleste et le zénith

Latitude 50° N

a) mesurer la hauteur de β Ursa Major à son passage au méridien sud, entre le pôle nord céleste et le zénith :

$$h_{\text{sup}} \approx 83^\circ 40'$$

b) amener la règle de l'astrolabe à la latitude de 50° N et compter depuis l'horizon nord $83^\circ 40'$ de hauteur jusqu'au méridien sud

c) lire sur la graduation du limbe la valeur de l'intersection hauteur / échelle des δ , soit $\delta + 56^\circ 20'$.

Vérification par calcul : $\delta = 90 - h_{\text{sup}} + \varphi$

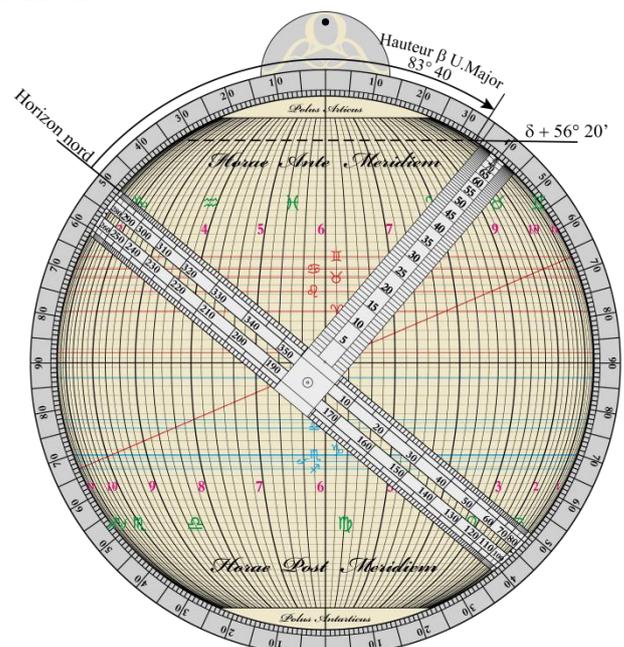


Fig. 55

Culmination supérieure

Latitude 60° N

a) mesurer la hauteur de β Boo à son passage au méridien sud,

$$h_{\text{sup}} \approx 70^\circ 20'$$

b) amener la règle de l'astrolabe à la latitude de 60° N et compter depuis l'horizon sud $70^\circ 20'$ de hauteur sur le méridien sud

c) lire sur la graduation du limbe la valeur de l'intersection hauteur / échelle des δ , soit $\delta + 40^\circ 20'$.

Vérification par calcul : $\delta = H_{\text{sup}} - \varphi$

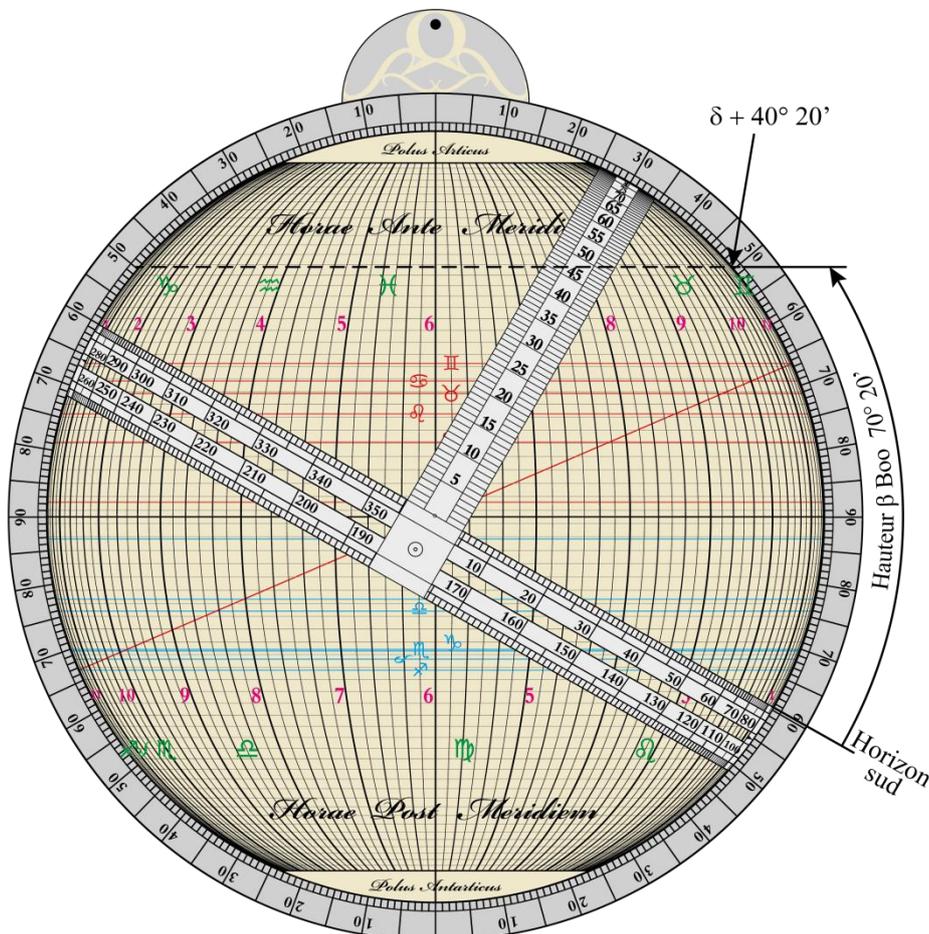


Fig. 56



3) Connaissant α_E et δ les coordonnées équatoriales d'une étoile, lire ses coordonnées écliptiques λ_e et β , et inversement.

A) Coordonnées équatoriales ==> coordonnées écliptiques

Ex. 1 : étoile dont $\delta > 0$

Hamal (α Ari) - *Bélier* - : coordonnées α_E 2h08 / $\delta + 23^\circ 33'$

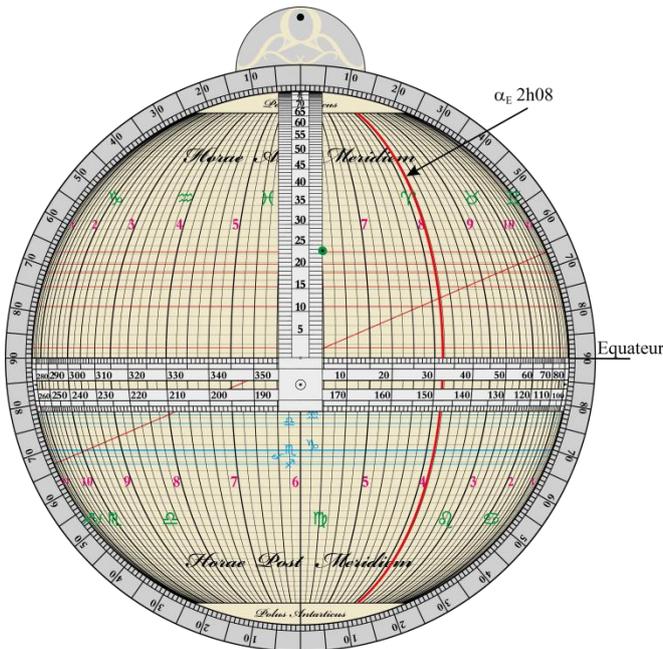


Fig. 57

a) positionner la règle dans le plan de l'équateur, le curseur étant au dessus de la ligne d'horizon

b) marquer sur le curseur la graduation correspondant à $\delta + 23^\circ 33'$ ●

c) repérer α_E 2h08

d) déplacer le curseur pour amener ● sur le cercle α_E 2h08

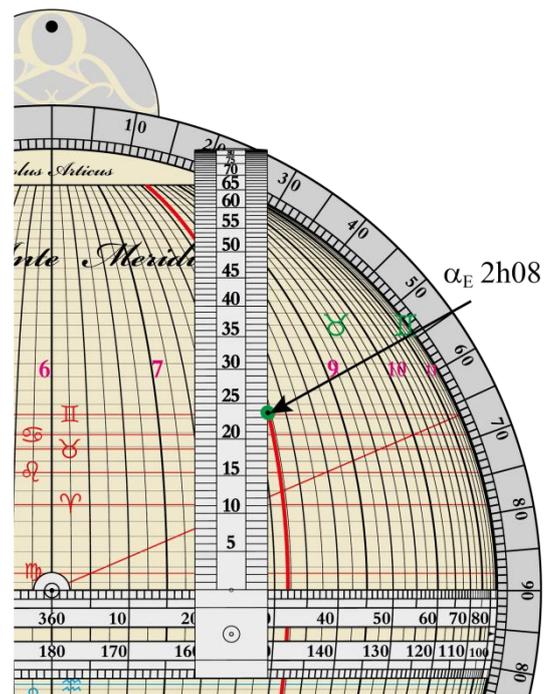


Fig. 57a

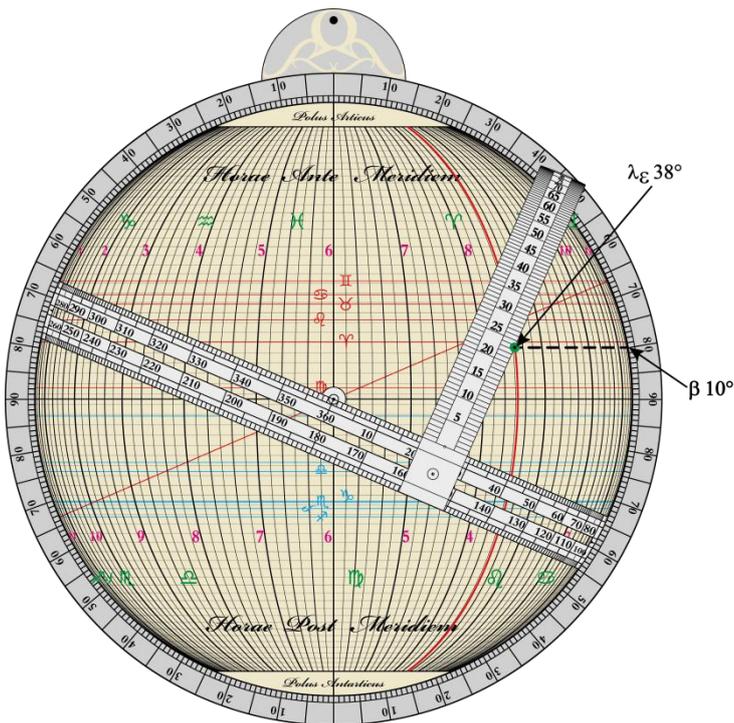


Fig. 57b

e) faire pivoter l'ensemble règle et curseur dans le sens horaire de la valeur de l'écliptique ϵ , soit $23^\circ 26'$.

f) lecture des coordonnées écliptiques :

$$\lambda_\epsilon 38^\circ$$

$$\beta 10^\circ$$

Ex. 2 : étoile dont $\delta < 0$

Alphard (α Hya) - *Hydre femelle* - : coordonnées α_E 9h 28 / $\delta - 8^\circ 45'$

- a) la règle étant dans le plan de l'équateur, pivoter de 180° afin d'avoir le curseur sous la ligne d'horizon
- b) marquer sur le curseur la graduation correspondant à $\delta - 8^\circ 45'$ ●
- c) repérer α_E 9h28
- d) déplacer le curseur pour amener ● sur α_E 9h28

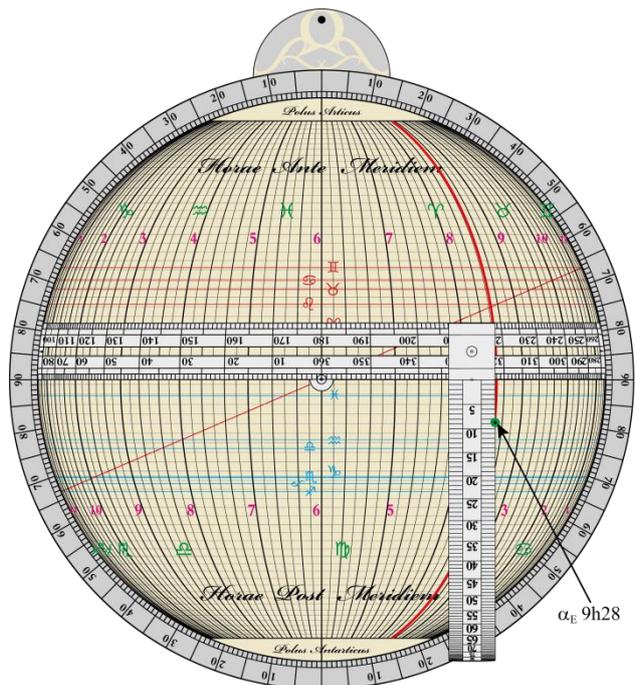


Fig. 58

e) faire pivoter l'ensemble règle / curseur dans le sens horaire de la valeur de l'écliptique ϵ , soit $23^{\circ} 26'$.

f) lecture coordonnées écliptiques :

$$\lambda_{\epsilon} 147^{\circ} 30'$$

$$\beta - 22^{\circ} 30'$$

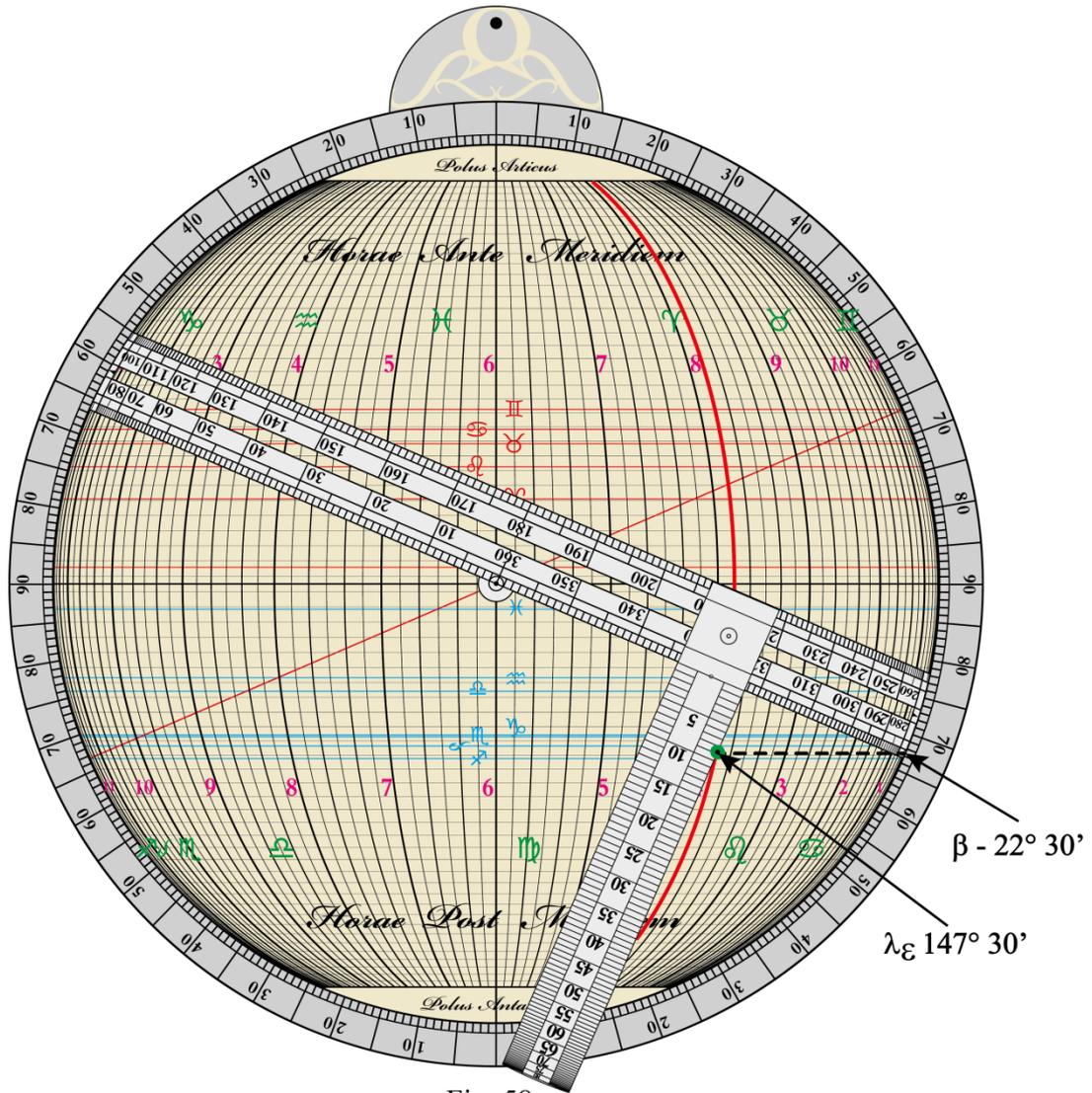


Fig. 58a

B) Coordonnées écliptiques λ_ϵ et β ==> coordonnées équatoriales α_E et δ

Ex. 1 : étoile dont $\beta > 0$

Deneb (α Cyg) - Cygne - : coordonnées λ_ϵ $335^\circ 38'$ / $\beta + 59^\circ 54'$

a) positionner la règle parallèle au diamètre horizontal, curseur au dessus de la ligne d'horizon, et cette fois-ci la ligne d'horizon est considérée dans le plan de l'écliptique

b) marquer sur le curseur la graduation correspondant à $\beta + 59^\circ 54'$ ●

c) repérer λ_ϵ $335^\circ 38'$

d) déplacer le curseur pour amener ● sur λ_ϵ $335^\circ 38'$

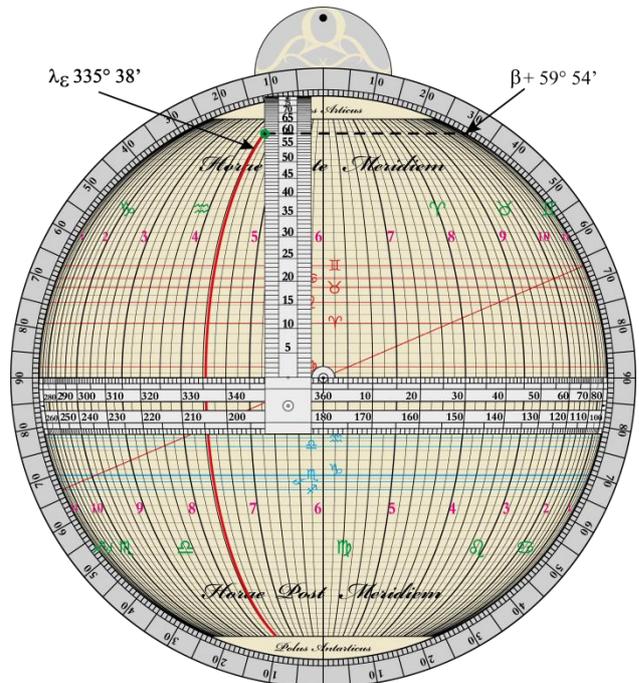


Fig. 59

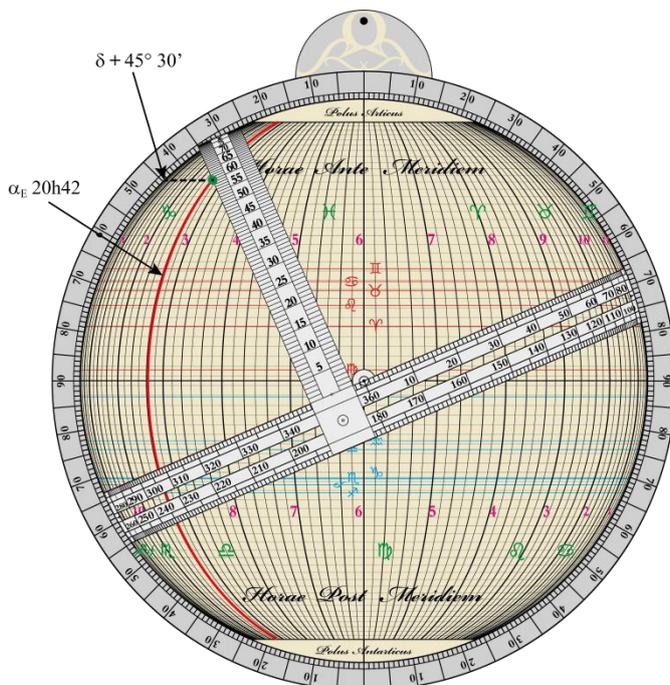


Fig. 59a

e) faire pivoter l'ensemble règle curseur dans le sens direct de la valeur de l'écliptique ϵ , soit $23^\circ 26'$.

f) lecture des coordonnées équatoriales : α_E **20h42**
 $\delta + 45^\circ 30'$

Ex. 2 : étoile dont $\beta < 0$

Fomalhaut (α Pis.A) - *Poisson austral* - : coordonnées λ_{ϵ} $334^{\circ} 10'$ / β $-21^{\circ} 08'$

- a) le curseur est sous la ligne d'horizon après rotation de la règle de 180°
- b) marquer sur le curseur la graduation correspondant à $\beta - 21^{\circ} 08'$ ●
- c) repérer $\lambda_{\epsilon} 334^{\circ} 10'$
- d) déplacer le curseur pour amener ● sur $\lambda_{\epsilon} 334^{\circ} 10'$

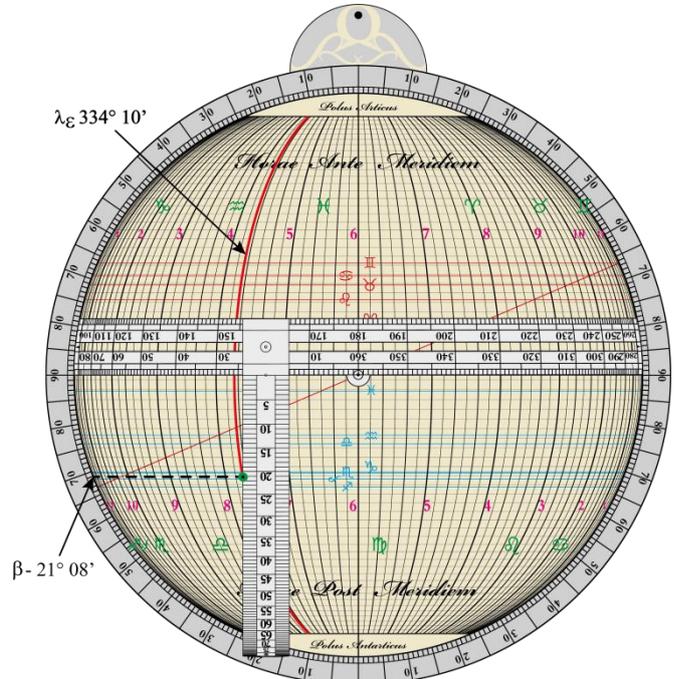


Fig. 60

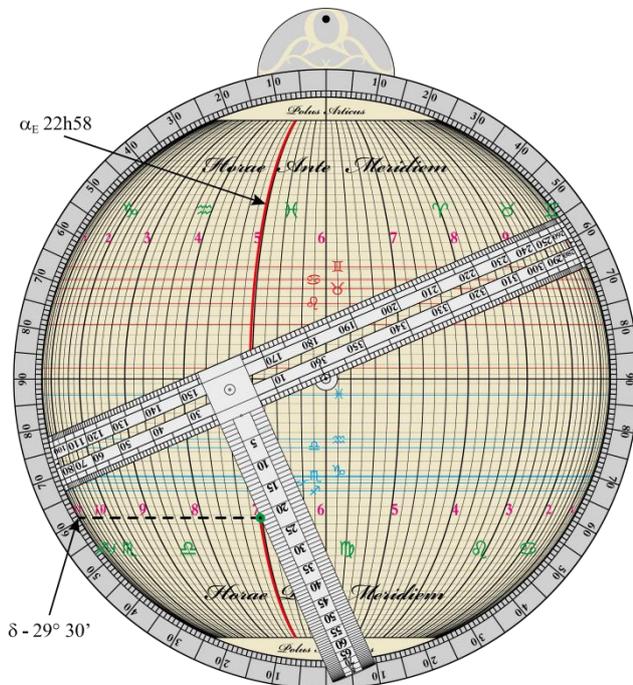


Fig. 60a

- e) faire pivoter l'ensemble règle curseur dans le sens direct de la valeur de l'écliptique ϵ , soit $23^{\circ} 26'$.
- f) lecture des coordonnées équatoriales : α_E **22h58**
 δ - **$29^{\circ} 30'$**



- 4) **Date et latitude étant connues, repérer l'arc diurne d'une étoile, lire ses heures de lever et coucher, passage au méridien, et la durée de son parcours au dessus de l'horizon.**

Ex.1: 06 novembre - ϕ 40° N

étoile : Betelgeuse (α Ori) - Orion - : α_E 5h56 / δ + 7° 25'

Cet usage nécessite 2 étapes :

A) détermination de l'angle horaire du lever et du coucher de Betelgeuse après avoir réglé l'astrolabe en latitude

B) calcul de la différence d'ascensions droites

entre l'étoile et le soleil : $\alpha_E - \alpha_S$

si $\alpha_E - \alpha_S < 0$ soustraire la |valeur| (absolue) à l'heure solaire correspondant à l'angle horaire

si $\alpha_E - \alpha_S > 0$ ajouter la |valeur| (absolue) à l'heure solaire correspondant à l'angle horaire

A) Angle horaire :

repérer le parallèle (arc diurne) correspondant à la déclinaison de Betelgeuse, $\delta + 7^\circ 25'$

angle horaire lever - $96^\circ 15'$
correspondant à 5h 35m
heure solaire du matin

angle horaire coucher + $96^\circ 15'$
correspondant à 6h 25m
heure solaire après midi (18h 25m)

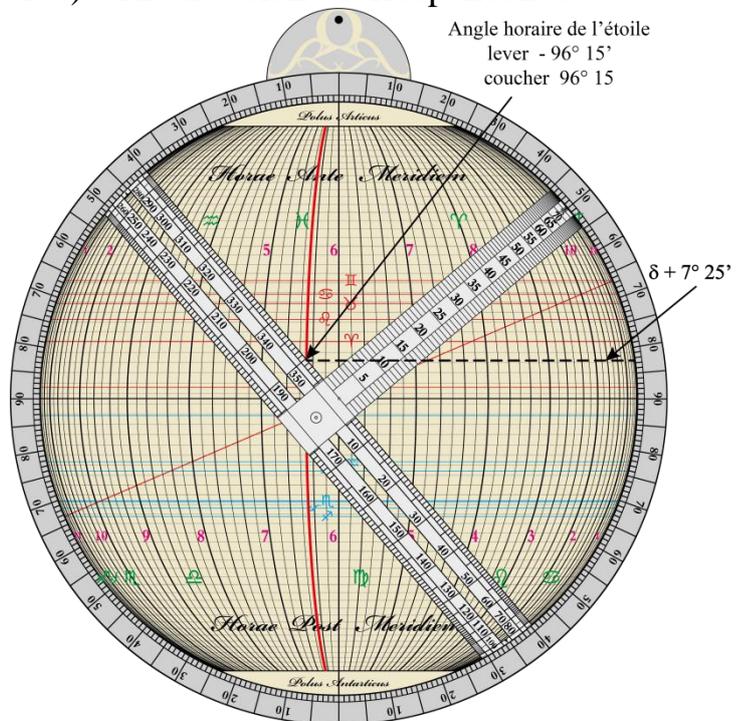


Fig. 61

B) Différence d'ascensions droites :

α_S du soleil (lecture faite au dos de l'astrolabe selon p.29) : 14h45

$\alpha_E - \alpha_S = 5h56 - 14h45 = - 8h49 \implies \alpha_E - \alpha_S < 0$

heure du lever de Betelgeuse : de minuit à l'heure solaire correspondant à l'angle horaire du matin se sont écoulés 5h 35m, la différence 3h 14m (5h 35m - 8h49m) est à déduire de minuit, soit heure du lever : **8h 46m du soir (20h 46m)**

heure du passage au méridien : $(12h - |(\alpha_E - \alpha_S)|) \implies 12h - 8h 49m = \mathbf{3h 11m}$
(hauteur de culmination $57^\circ 25'$)

heure du coucher de Betelgeuse : $18h 25m - 8h 49m = \mathbf{9h 36m}$ matin

durée de son parcours au dessus de l'horizon : $(24h - 20h 46) + 9h 36 = \mathbf{12h 50m}$

Ex.2: 10 avril - ϕ 60° N

étoile : Spica (α Vir) - Vierge - : α_E 13h26 / δ - 11° 16'

Après réglage de l'astrolabe pour la latitude de 60° N :

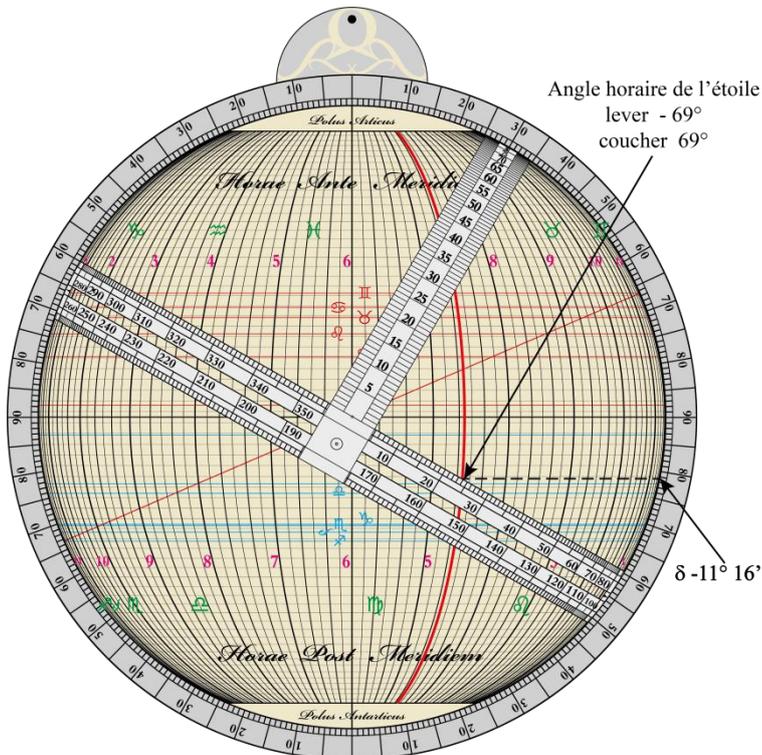


Fig. 62

A) Angle horaire :

repérer le parallèle (arc diurne) correspondant à la déclinaison de Spica, δ - 11° 16'

angle horaire lever - 69°
correspondant à 7h 24m
heure solaire du matin

angle horaire coucher + 69°
correspondant à 4h 36 (16h36)
heure solaire de l'après midi

B) Différence d'ascensions droites :

α_S du soleil (lecture faite au dos de l'astrolabe selon p.29) : 1h15

$$\alpha_E - \alpha_S = 13h26 - 1h15 = 12h11 \implies \alpha_E - \alpha_S > 0$$

heure du lever de Spica : 7h 24 + 12h 11 = 19h 35m

heure du passage au méridien : (12h + $|\alpha_E - \alpha_S|$) \implies 12h + 12h 11 = 0h 11m
(hauteur de culmination 18° 45')

heure du coucher de Spica : 16h 36 + 12h 11 = 4h 47m

durée de son parcours au dessus de l'horizon : (24h - 19h35) + 4h 47 = 9h 12m



5) Lecture de l'heure solaire H_S en mesurant la hauteur d'une étoile

Seront traités ici les cas suivants :

étoiles dont $\delta > 0$ ou $\delta < 0$

hauteurs mesurées avant, après, ou au passage au méridien sud

$\alpha_E - \alpha_S < 0$ ou $\alpha_E - \alpha_S > 0$ (voir p.78)

Ex.1 : 10 avril - ϕ 45° N

étoile : Altair (α Aql) - Aigle - : α_E 19h51 / δ + 8° 55'

Mesure de la hauteur de l'étoile (méthode p.69) : 30°

hauteur mesurée avant passage au méridien sud

Lecture α_S du soleil au dos de l'astrolabe
(méthode p.29) : 1h15

Différence d'ascensions droites :

$$\alpha_E - \alpha_S = 19h51 - 1h15 = 18h36$$

Régler l'astrolabe à la latitude 45° N.

Repérer le parallèle correspondant à $\delta + 8^\circ 55'$.

Amener la graduation 30° du curseur
sur le parallèle pour lecture de l'angle horaire :
-56° (avant passage au méridien sud)
soit 8h 19m

Heure solaire :

ajouter à l'angle horaire la différence
d'ascensions droites

$$H_S = 8h 19 + 18h 36 = 26h 55 - 24h = \mathbf{2h 55m}$$

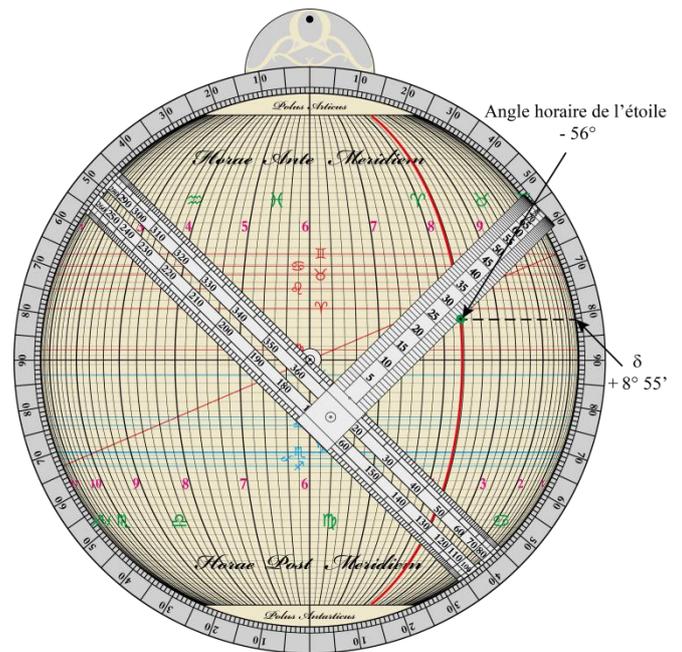


Fig. 63

Ex.2 : 10 avril - ϕ 45° N

étoile : Regulus (α Leo) - *Lion* - : α_E 10h09 / δ +11° 52'

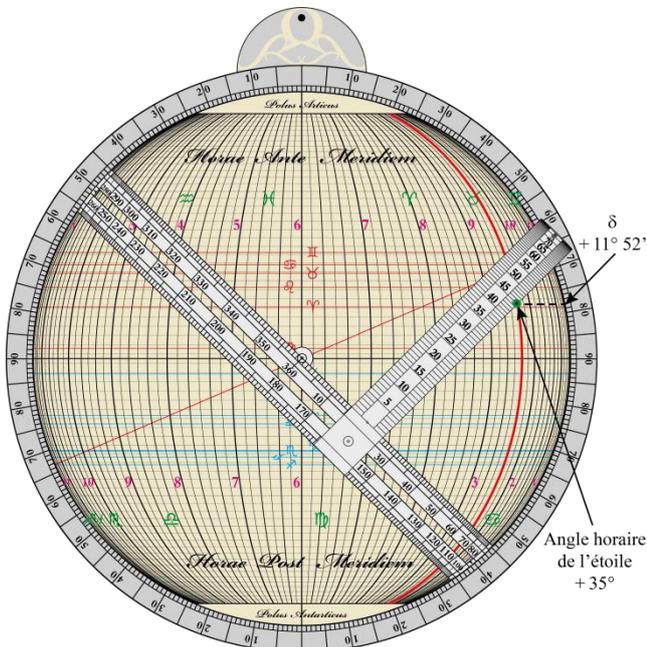


Fig. 63a

Mesure de la hauteur de l'étoile : **45°**
hauteur mesurée après passage au méridien sud

Lecture α_S au dos de l'astrolabe : 1h15

Différence d'ascensions droites :
 $\alpha_E - \alpha_S = 10h09 - 1h15 = 8h 54$

Repérer le parallèle correspondant à $\delta + 11^\circ 52'$.

Amener la graduation 45° du curseur sur le parallèle pour lecture de l'angle horaire : + 35°
 soit 14h 20m (après méridien sud)

Heure solaire :

$$H_S = 14h 20 + 8h 54 = \mathbf{23h 14m}$$

Ex.3 : 23 juillet - ϕ 35° N

étoile : Shaula (λ Sco) - *Scorpion* - α_E 17h35 / δ - 37°

Mesure de la hauteur de l'étoile : 15°
hauteur mesurée avant passage au méridien sud

Lecture α_S au dos de l'astrolabe : 8h12

Différence d'ascensions droites :
 $\alpha_E - \alpha_S = 17h35 - 8h12 = 9h23$

Régler l'astrolabe à la latitude 35° N.

Repérer le parallèle correspondant à $\delta - 37^\circ$

Amener la graduation 15° du curseur sur le parallèle $\delta - 37^\circ$.

Lecture de l'angle horaire : -21°
 soit 10h 35 (avant le méridien sud)

Heure solaire :

$$H_S = 10h 35 + 9h 23 = \mathbf{19h 58m}$$

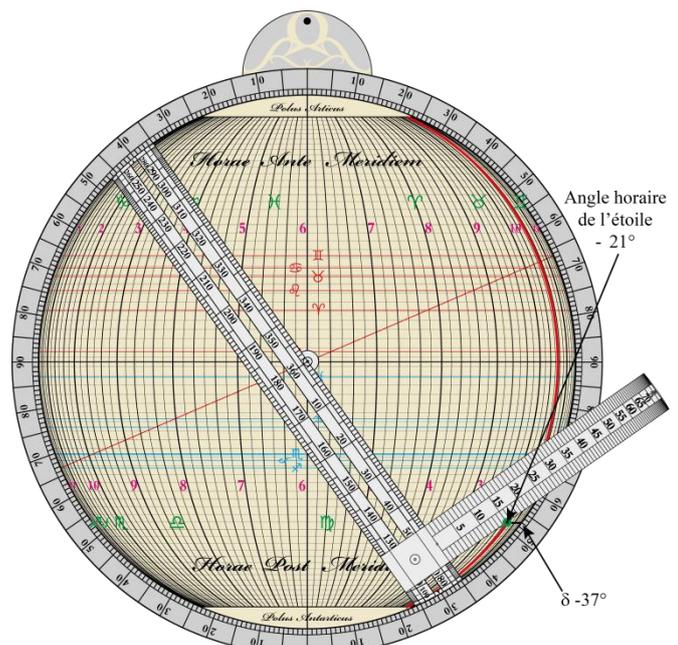


Fig. 63b

Ex.4 : 23 juillet - ϕ 35° N

étoile : Shaula (λ Sco) - *Scorpion* - α_E 17h35 / δ - 37°

Mesure de la hauteur de l'étoile : **15°**
hauteur mesurée après passage au méridien sud

Lecture α_S au dos de l'astrolabe : 8h12

Différence d'ascensions droites :
 $\alpha_E - \alpha_S = 17h35 - 8h12 = 9h23$

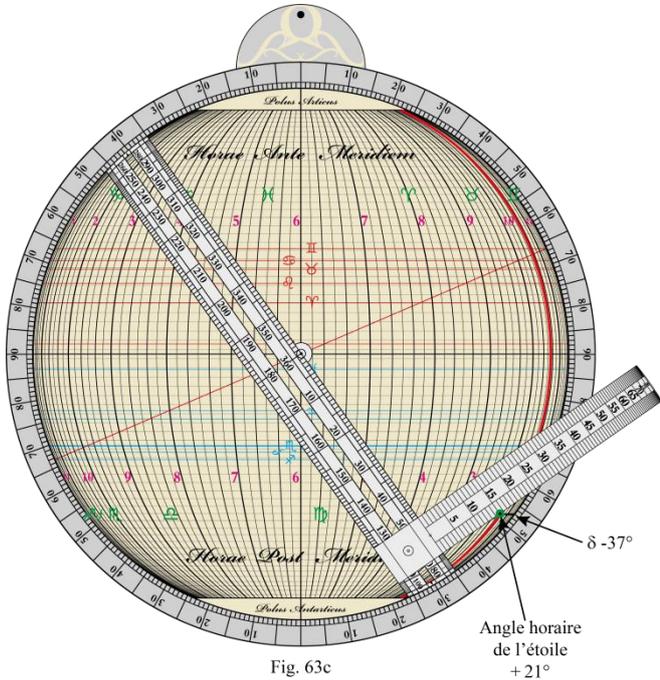
Repérer le parallèle correspondant à $\delta -37^\circ$

Amener la graduation 15° du curseur sur le parallèle $\delta -37^\circ$.

Lecture de l'angle horaire : +21°
soit 13h 24 (après méridien sud)

Heure solaire :

$$H_S = 13h\ 24 + 9h\ 23 = 22h\ 47m$$



Ex.5 : 14 janvier - ϕ 43° N

étoile : Betelgeuse (α Ori) - *Orion* - α_E 5h56 / δ + 7° 30'

Mesure de la hauteur de l'étoile : **35°**
hauteur mesurée avant passage au méridien sud

Lecture α_S au dos de l'astrolabe : 19h46

Différence d'ascensions droites :
 $\alpha_E - \alpha_S = 5h56 - 19h46 = -13h50$

Régler l'astrolabe à la latitude 43° N.

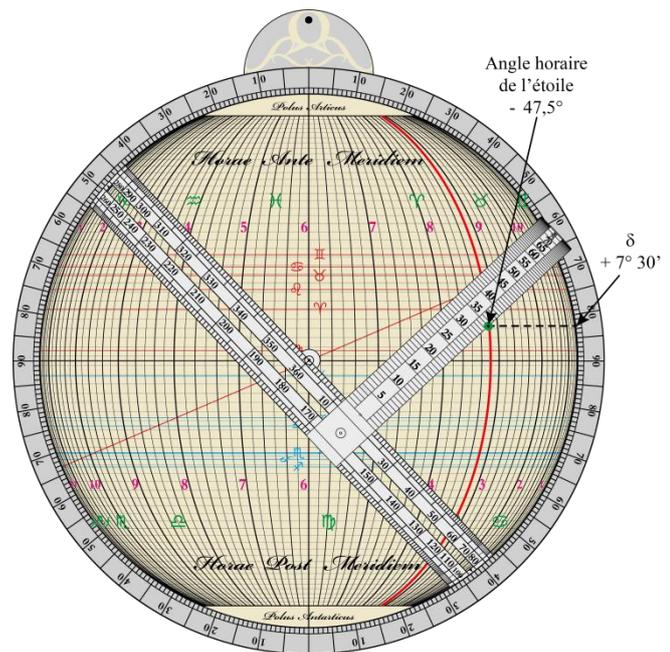
Repérer le parallèle correspondant à $\delta +7^\circ\ 30'$

Amener la graduation 35° du curseur sur $\delta +7^\circ\ 30'$. Lecture angle horaire : - 47.5°
soit 8h 50 (avant le méridien sud)

Heure solaire :

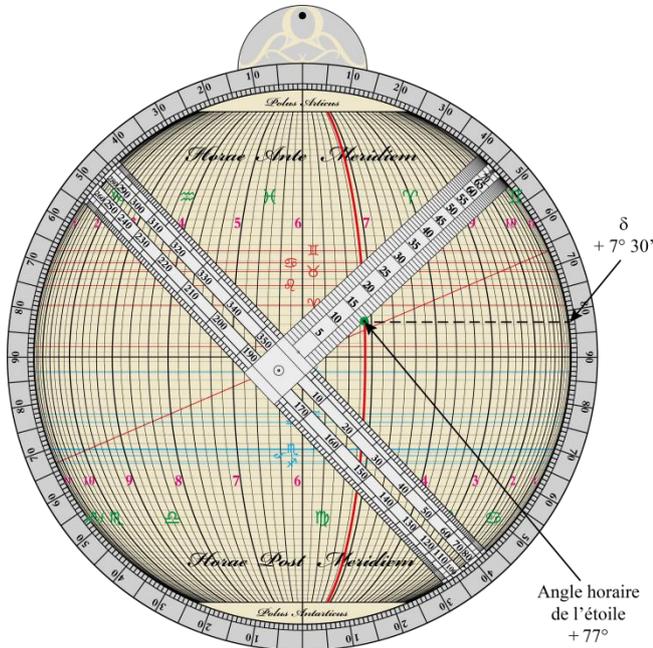
$$H_S = 8h\ 50 - 13h\ 50 = -5h\ 00$$

==> soit 24h - 5h 00 = **19h 00**



Ex.6 : 14 janvier - ϕ 43° N

étoile : Betelgeuse (α Ori) - Orion - α_E 5h56 / δ + 7° 30'



Mesure de la hauteur de l'étoile : **15°**
hauteur mesurée après passage au méridien sud

Lecture α_S au dos de l'astrolabe : 19h46

Différence d'ascensions droites :
 $\alpha_E - \alpha_S = 5h56 - 19h46 = -13h50$

Amener la graduation 15° du curseur sur le parallèle +7° 30

Lecture de l'angle horaire : +77°
soit 17h 08 (après méridien sud)

Heure solaire :

$H_S = 17h 08 - 13h 50 = 3h 18m$

Fig. 63e

Ex.7 : 6 octobre - ϕ 50° N

étoile : Rigel (β Ori) - Orion - α_E 5h15 / δ - 8° 10'

Mesure de la hauteur de l'étoile : **20°**
hauteur mesurée avant passage au méridien sud

Lecture α_S au dos de l'astrolabe : 12h46

Différence d'ascensions droites :
 $\alpha_E - \alpha_S = 5h15 - 12h46 = -7h31$

Régler l'astrolabe à la latitude 50° N.

Amener la graduation 20° du curseur sur le parallèle δ -8° 10'.

Lecture de l'angle horaire : - 44.5°
soit 9h 02 (avant le méridien sud)

Heure solaire :

$H_S = 9h 02 - 7h 31 = 1h 31$

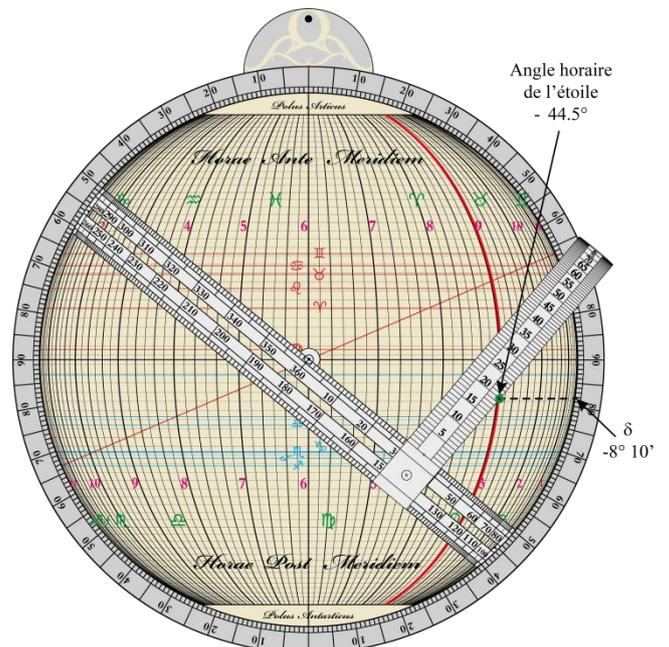


Fig. 63f

Ex.8 : 6 octobre - ϕ 50° N

étoile : Sirius (α CMa) - *Grand Chien* - α_E 6h46 / δ - 16° 45'

Mesure de la hauteur de l'étoile : **23°**
hauteur mesurée au passage au méridien

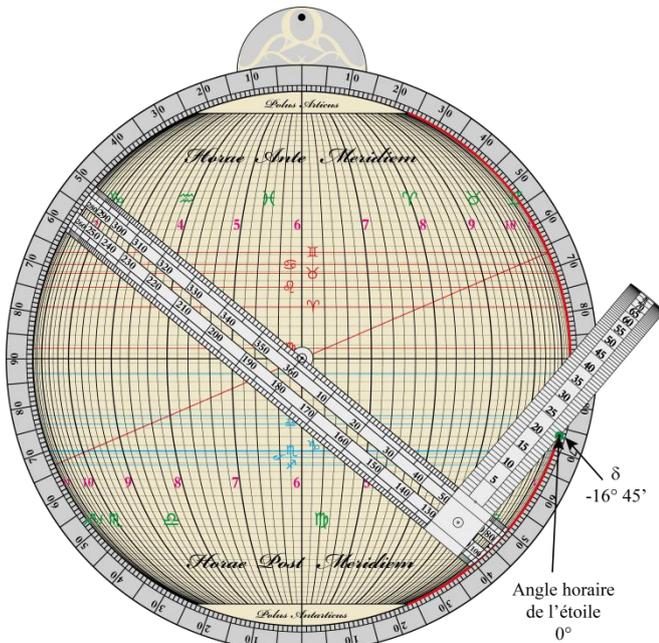


Fig. 63g

Lecture α_S au dos de l'astrolabe : 12h 47

Différence d'ascensions droites :
 $\alpha_E - \alpha_S = 6h\ 46 - 12h\ 47 = -6h\ 01$

Amener la graduation 23° du curseur sur le parallèle $\delta - 16^\circ 45'$.
 Lecture de l'angle horaire : 0°
 12h (sur le méridien sud)

Heure solaire :
 $H_S = 12h - 6h\ 01 = 5h\ 59$



V Glossaire

Angle horaire H :

angle dièdre entre le méridien passant par l'astre et le méridien géographique, compté dans le plan de l'équateur (négativement de l'est -180° au sud 0° , et positivement du sud 0° à l'ouest $+180^\circ$).

Ascension droite α : coordonnée équatoriale

angle dièdre entre le méridien céleste équatorial d'un astre et le méridien passant par le point vernal pris comme origine, α est comptée positivement en degrés (0° à 360°) ou en heures (0h à 24h et 1h = 15°) dans le sens anti horaire.

Azimut A : coordonnée horizontale

angle mesuré sur l'horizon entre le méridien sud géographique et la direction d'un astre, compté positivement du sud 0° vers l'ouest $+180^\circ$, et négativement du sud 0° vers l'est -180° .

Cercle horaire :

grand cercle de la sphère, perpendiculaire à l'équateur céleste, passant par les pôles et le point de la sphère céleste associé à la direction d'un astre.

Codéclinaison $\bar{\delta}$: correspond au complémentaire à 90° de la déclinaison ($90 - \delta = \bar{\delta}$).

Colatitude $\bar{\varphi}$

l'angle entre la direction du zénith et la direction du pôle est égal au complémentaire de la latitude c'est-à-dire à la colatitude $\bar{\varphi}$
de même la hauteur de l'équateur au-dessus de l'horizon est égale à la colatitude $\bar{\varphi}$ du lieu.

Colure (des solstices ou des équinoxes)

grand cercle de la sphère céleste qui passe par les pôles célestes et les points solsticiaux ou équinoxiaux.

Déclinaison δ : coordonnée équatoriale

distance angulaire d'un astre entre l'équateur et le pôle céleste, comptée en degrés, positivement de 0° à 90° de l'équateur au pôle nord, et négativement de 0° à -90° de l'équateur au pôle sud.

Latitude géographique φ :

distance angulaire du lieu d'observation à l'équateur, comptée positivement de l'équateur 0° au pôle nord $+90^\circ$ et négativement de l'équateur 0° au pôle sud -90° .

Longitude géographique λ :

angle dièdre entre le méridien du lieu d'observation et le méridien d'origine (Greenwich), comptée positivement du sud 0° vers l'ouest $+180^\circ$ et négativement du sud 0° vers l'est -180° .

Latitude écliptique (céleste) β :

angle de l'astre par rapport au plan de l'écliptique, comptée positivement du plan de l'écliptique au pôle nord de l'écliptique et négativement du plan de l'écliptique au pôle sud de l'écliptique.

Longitude écliptique (céleste) λ_ϵ :

angle dièdre entre le cercle de la sphère passant par les pôles de l'écliptique et le point vernal, et le cercle de la sphère passant par l'astre, comptée en degrés dans le sens direct de 0° (point vernal) à 360° .

Méridien :

- géographique : cercle passant par les pôles terrestres et le zénith du lieu,
- céleste : cercle de la sphère passant par les pôles célestes (équateur ou écliptique).

Point vernal γ :

intersection de l'équateur céleste et de l'écliptique, point d'origine des coordonnées équatoriales et écliptiques, lorsque le soleil passe de l'hémisphère céleste sud à l'hémisphère céleste nord, (équinoxe de printemps).

Point anti-vernale γ' :

intersection de l'équateur céleste et de l'écliptique, lorsque le soleil passe de l'hémisphère céleste nord à l'hémisphère céleste sud, (équinoxe d'automne).

Orbe : espace circonscrit par l'orbite d'un corps céleste.

